

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Řízení zásob ve výrobním podniku

Management of Stocks in the Manufacturing Company

Student:

Bc. Lukáš Žilt

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Žilt**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 10 Technologický management  
Téma: **Řízení zásob ve výrobním podniku**  
**Management of Stocks in the Manufacturing Company**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Význam a členění zásob ve výrobním podniku.
2. Přehled metod řízení zásob ve výrobě.
3. Aplikace metody KANBANových karet na konkrétním případě.
4. Ověření pomocí dynamické simulace.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2011, 40 s.  
SCHULTE, CH. *Logistika*. Praha: Victoria Publishing, a.s., 1994. 301 s. ISBN 80-85605-87-2.  
TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 2.vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 2000, 412 s. ISBN 80-7169-955-1.  
MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založené na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 1996, ISBN 80-902235-0-8.  
JIRÁSEK, J. A. *Štíhlá výroba*. 1.vyd. Praha: Grada, 1998, 199 s. ISBN 80-7169-394-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

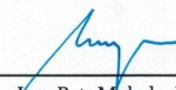
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová**


Konzultant diplomové práce: **Ing. Petr Jalůvka**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Mistopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 9.5.2016

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1994 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 9.5.2016 .....

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Lukáš Žilt

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vojanova 849, Frýdek-Místek, 73801

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

ŽILT, L. *Řízení zásob ve výrobním podniku: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 58 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního procesu, která se skládá ze správného počtu navržených KANBAN okruhů ve výrobním podniku. Cílem práce je zvýšení efektivity podniku z hlediska výrobního času a mezioperačních zásob, které na sebe vážou zbytečné náklady. Problematika je řešena pomocí dynamické simulace v programu WITNESS, ve které jsem nasimuloval stávající stav v podniku. Na základě této simulace byly provedeny návrhy KANBAN okruhů a pomocí dynamické simulace sestaveny modely navržených variant. Navržené varianty byly vzájemně porovnány a následně byla vybrána varianta nejvhodnější.

## **ANNOTATION DIPLOMA THESIS**

ŽILT, L. *Management of Stocks in the Manufacturing Company: Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 58 p. Thesis head: Schindlerová, V.

Diploma thesis is dealing with optimization of a process which represents correct amount of suggested KANBAN circuits in the Manufacturing Company. Thesis is aiming for increasing effectiveness according to production time and in-process inventory, which leads to higher costs. The procedure is solved according to dynamic simulation in WITNESS program, in which I simulated the current status in the company. Based on this simulation were realized next models of KANBAN circuits using dynamic simulations. Suggested options were compared with each other and in the end was decided which one is the best choice.

# OBSAH

Seznam použitých značek a symbolů .....	8
Úvod .....	9
<b>1 Význam a členění zásob ve výrobním podniku.....</b>	<b>10</b>
1.1 Definice zásob.....	10
1.2 Podoby zásob .....	11
1.3 Význam zásob.....	11
1.4 Druhy zásob .....	12
1.4.1 Zásoba běžná .....	12
1.4.2 Zásoba pojistná ( $Z_{poj}$ ) .....	13
1.4.3 Zásoba dopravní ( $Z_{dop}$ ) .....	14
1.4.4 Zásoba nedokončené výroby ( $Z_{nv}$ ) .....	14
1.4.5 Zásoba technologická .....	14
1.5 Náklady na zásoby .....	15
1.5.1 Objednací (pořizovací) náklady na doplnění zásob.....	15
1.5.2 Náklady na držení zásob.....	16
1.5.3 Náklady vznikající při nedostatku zásob .....	17
<b>2 Přehled metod a řízení zásob ve výrobě .....</b>	<b>18</b>
2.1 Nezávislá poptávka .....	18
2.2 Závislá poptávka .....	18
2.3 Štíhlá výroba .....	18
2.4 Toyota Production Systém.....	19
2.4.1 KANBAN .....	20
<b>3 Aplikace metody KANBAN karet na konkrétním případě .....</b>	<b>23</b>
3.1 Analýza současného stavu .....	23
3.2 Návrh variant aplikace KANBAN karet.....	25
3.2.1 Varianta A .....	26
3.2.2 Varianta B.....	27

3.2.3	Varianta C .....	28
<b>4</b>	<b>Ověření pomocí dynamické simulace .....</b>	<b>29</b>
4.1	Teorie simulací .....	29
4.2	Simulační nástroje.....	30
4.2.1	Simulační nástroj WITNESS.....	31
4.3	Příprava simulačního modelu v programu WITNESS .....	32
4.4	Popis stávajícího modelu .....	33
4.5	Schéma stávajícího stavu .....	37
4.6	Schéma navržených variant .....	37
4.6.1	Schéma varianty A .....	37
4.6.2	Schéma varianty B.....	40
4.6.3	Schéma varianty C.....	42
<b>5</b>	<b>Zhodnocení navrženého řešení.....</b>	<b>45</b>
5.1	Vyhodnocení výrobních časů.....	45
5.1.1	Srovnání s variantou A .....	45
5.1.2	Srovnání s variantou B .....	46
5.1.3	Srovnání s variantou C .....	47
5.2	Výběr varianty podle výrobního času .....	49
5.3	Vyhodnocení mezioperačních zásob .....	51
5.4	Zvolené varianty .....	52
5.4.1	Z hlediska výrobních času .....	52
5.4.2	Z hlediska mezioperačních zásob .....	52
	<b>Závěr .....</b>	<b>54</b>
	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>55</b>
	<b>Seznam obrázků, tabulek a grafů.....</b>	<b>56</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>58</b>

# Seznam použitých značek a symbolů

## Seznam použitých indexů

$B$	objednací úroveň
$B_0$	bod objednávky
$Q$	nová dodávka
$t_1$	dodací doba (lhůta)
$t_{\text{cykl}}$	doba dodacího cyklu
$Z_{\text{prum}}$	průměrná zásoba
$Z_{\text{poj}}$	pojistná zásoba
$Z_{\text{dop}}$	dopravní zásoba
$Z_{\text{nv}}$	zásoba nedokončené výroby

## Seznam zkratk a cizích výrazů

JIT	Just in time
Buffers	zásobníky
Conveyor	dopravník
Labor	pracovník
Machine	stroj
Part	součást



# Úvod

Diplomová práce se zabývá zvýšením efektivity práce zavedením principů štlhlé výroby do výrobního procesu, a tím demonstrování z jakého důvodu se vůbec štlhlá výroba implementuje do podniku, jaké to přináší výhody a nevýhody.

Cílem této práce je aplikace metodiky KANBAN na konkrétním případě, při vyráběném množství 1750 ks ve 3 směnném provozu. Dále srovnání s původním stavem, který je zavedený ve společnosti, jenž si nepřeje být jmenována, a následně porovnání navržených řešení s vyhodnocením pomocí dynamické simulace v programu WITNESS.

Důvodem zpracování diplomové práce v tomto odvětví je nedostatečná efektivita výroby při přechodu na výrobu jiného typu výrobku, udržování velkých mezioperačních zásob a především dlouhé výrobní časy, které způsobují nízkou výkonnost celého výrobního procesu. Z těchto důvodu se stává společnost nedostatečně flexibilní, což může mít

za následek ztrátu zisku ze zakázek, které daná společnost nemůže přijmout.

Průběh výrobním procesem současného stavu v podniku je pomocí systému tlaku. Na každém pracovišti dochází k jednotlivé výrobní operaci na jednoúčelových strojích. Původní výroba probíhala opracováním veškerého množství součástí, rozdělených do pěti částí. Poté, co byla dokončena jedna část stanoveného množství součástí (3500 ks<sup>1</sup>), se přemístí zpracované součásti do zásobníků a může pokračovat další část výroby. Tohle řešení má za následek zejména dlouhé výrobní časy a velké množství mezioperačních zásob.

V dnešních podnicích není prioritní vyrábět veškeré zboží s předstihem, ale být flexibilní a dodávat požadované zboží v čase, který zákazník požaduje. Pomocí nastavení správných KANBAN okruhů s rozumnou výrobní dávkou dosáhneme flexibilnější výroby a jsme schopni určit, v jakém čase vyrobíme požadované množství.

---

<sup>1</sup> Jedná se o celkový počet jednotlivých součástí. Dochází však ke kompletaci dvou součástí v jednu, a proto konečný počet činí 1750 ks.

# 1 Význam a členění zásob ve výrobním podniku

Nezbytnou částí výrobních podniků jsou zásoby, které zajistí plynulost výrobního procesu k vytváření ať už rozpracovaných nebo hotových výrobků s následnou expedicí cílovým zákazníkům.

## 1.1 Definice zásob

Pod pojmem zásoby si můžeme představit nakoupenou surovinu určenou k výrobě (například droždí s využitím pro pekárny, koksovatelné uhlí, které se zejména využije v hutním podniku), rozpracované výrobky, procházející technologickým procesem mezi jednotlivými pracovišti, nebo hotové výrobky, které ještě skladujeme na vlastní náklady, popřípadě výrobky, které byly odeslány potenciálnímu zákazníkovi, ale doprava se zpozdila, apod.

K zásobám přiřazujeme především suroviny, rozpracovaný materiál v různých stupních výrobního procesu (nedokončená výroba) a dokončené výrobky uložené na skladě, které se využívají k výrobním účelům, avšak ještě nebyly ve své finální a požadované podobě předány odběrateli nebo využity ve výrobním procesu.

Nejdůležitějším aspektem při tvorbě zásob je velká škála dodavatelů surovin a dílů, na níž jsou jednotlivé podniky závislé, k tomu aby zajistili danou výrobu, což vytváří jisté riziko spojené s výpadkem dodání potřebného materiálu ze strany dodavatelů. Je tedy zapotřebí vytvořit zásoby, které nám budou schopny zajistit plynulou výrobu v případě výpadku dodání surovin. Je důležité si uvědomit, že vytváření nadbytečných zásob zatěžuje především ekonomiku podniku, a proto by měly být korigovány správnou organizací práce a dobrých vztahů mezi dodavateli a odběrateli.

Ideálním přístupem k problematice zásobování ve výrobních podnicích se vyznačuje systém Just in time (JIT), který se neztotožňuje s myšlenkou vytvářet zásoby ve výrobě více, než jsou opravdu nezbytné pro danou výrobu. [1]

## 1.2 Podoby zásob

Zásoby se mohou vyskytovat na různých místech materiálového toku. Z toho vyplývá, že nemáme zásoby jenom uložené ve skladech, ale zároveň i v nedokončené výrobě.

Za zásoby považujeme [1]:

- Suroviny.
- Materiály.
- Součástky.
- Polotovary, podsestavy.
- Hotové výrobky.

## 1.3 Význam zásob

### a) Zabezpečení plynulosti výrobního procesu

Při krátkodobém výpadku dodání zásob ze strany dodavatelů plynulost výrobního procesu nebude nijak významně ovlivněna. Dostatečné zásoby nám umožní pokrýt odchylky při dodávkách materiálů.

### b) Vyrovnávají možnosti dodavatelů s odběratelskou poptávkou

Jestliže dodavatel průběžně dodává určité množství surovin, které není schopen navýšit ve vytíženějších obdobích roku a tím zabezpečit naše potřeby, tak by měl odběratel vytvořit dostatečné zásoby při zvýšení poptávky. K vyrovnávání poptávky si můžeme také vytvořit zásoby u dodavatele, které jsou započítané v ceně pro daného odběratele.

### c) Pokrytí nepředvídaných vlivů

Může nastat například porucha/výpadek výrobního zařízení, který způsobí, že nebudeme schopni pokračovat s výrobním procesem v podniku. Proto bychom měli mít zajištěnou určitou zásobu pro přečkání daného období.

### d) Možný zisk při navýšení cen surovin

Nejběžnějším příkladem jsou zemědělské podniky, které sklízí např. obilí, pšenici a uskladní ji ve svých skladech. Při prodání ihned po sklizni jsou ceny nižší, protože je na trhu dostatečné množství surovin. V průběhu času však dochází k navýšení cen za dané suroviny, způsobené značnou poptávkou na trhu.

#### e) Možná spekulace s cenami surovin

Za spekulativní zásoby považujeme takové, kdy výrobce předpokládá nárůst cen v daném odvětví a je pro něj výhodné tyto suroviny nakoupit. Do jisté míry se za spekulativní zásoby dá považovat ropa a benzín.

#### f) Zabezpečení pohotovou nabídkou a okamžitý prodej

S pohotovou nabídkou se setkáme hlavně při propagačních akcích, jako je vystavení zboží na veletrzích nebo propagace výrobku v televizních pořadech, kdy dochází k zvýšení poptávky po daném produktu. [1]

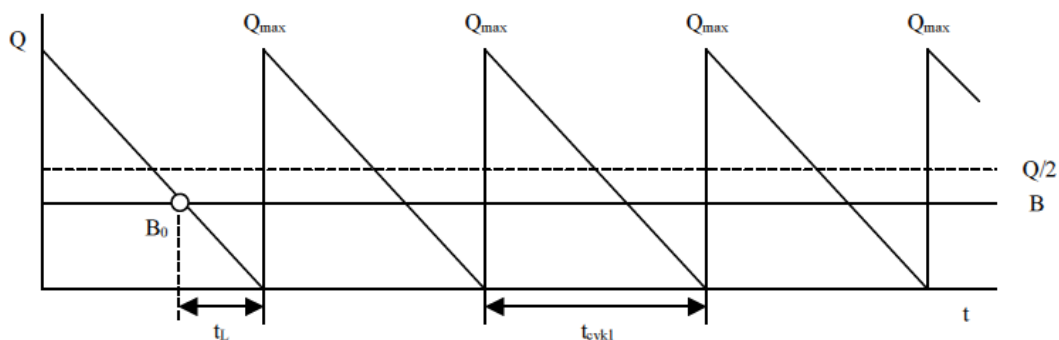
### 1.4 Druhy zásob

Druhy zásob v logistickém řetězci rozlišujeme podle její funkce [1]:

- Běžná zásoba.
- Pojistná zásoba.
- Technologická zásoba.
  - Zásoba pro dosažení požadované kvality zboží.
  - Zásoba nedokončené výroby.
  - Zásoba dopravní.

#### 1.4.1 Zásoba běžná

Běžná zásoba pokrývá průměrnou spotřebu po určitou dobu v daných podmínkách. Realizuje se z důvodu výhodnějšího objednávacího cyklu, v předem stanovených dávkách, na rozdíl od objednávek jednotlivých kusů, které nejsou výhodné. Při objednání v dávkách je možnost získat nejen výhodnější podmínky, ale také dochází k úspoře při manipulaci a skladování materiálu. Model běžné zásoby je zobrazen na obrázku 1.



Obrázek 1: Model běžné zásoby [2]

Na obrázku 1 je demonstrován objednávací cyklus zásob. Veličina  $Q$  představuje výši dodávky, na jejímž začátku by mělo být množství zásob nejvyšší. Průměrná zásoba je charakterizována vztahem  $Z_{prum} = \frac{Q}{2}$ .

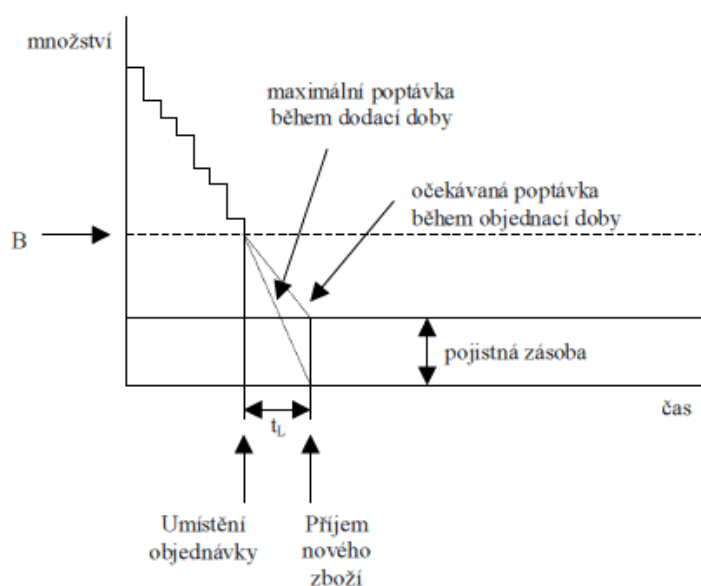
V průběhu času se postupně odčerpávají zásoby, a když se dostanou na úroveň  $B_0$ , která představuje bod objednávky, a  $B$  objednávací úroveň, tak dojde k objednávce nových zásob v časovém horizontu  $t_l$ , čímž dojde k naplnění do maximálního počtu zásob. Veličina  $t_{cykl}$  pak charakterizuje jednotlivý cyklus mezi dvěma dodávkami. [2]

### 1.4.2 Zásoba pojistná ( $Z_{poj}$ )

Zásoba pojistná slouží k vyrovnání odchylek, ať už ze strany dodavatelů, kdy objednávací úroveň  $B$  klesla pod stanovenou hodnotu a protáhla se dodací lhůta, nebo naopak ze strany zájemců, kdy dochází k velké poptávce po zboží.

Na obrázku č. 2 jsou znázorněny 4 možnosti pojistné zásoby [1].

- Spotřeba a dodací lhůta je konstantní, není nutná zásoba pojistná.
- Spotřeba je nerovnoměrná, dodací lhůta konstantní.
- Spotřeba je rovnoměrná, dodací lhůta kolísá.
- Spotřeba i dodací lhůta je nerovnoměrná.



Obrázek 2: Vytvoření pojistné zásoby [1]

V praxi se nejčastěji uvažuje s pojistnou zásobou typu b, kdy dochází k spotřebě nerovnoměrně, ale dodací lhůta je neměnná. Je třeba vzít v úvahu náklady, které budou spojené s držením většího množství zásob na skladech a tím zvolit adekvátní množství pojistné zásoby.

### **1.4.3 Zásoba dopravní ( $Z_{\text{dop}}$ )**

Zásoby dopravní jsou veškeré suroviny, rozpracované a hotové výrobky, které se přemisťují ať už technologickým procesem nebo manipulačními pracemi v logistickém řetězci z jednoho místa na druhé. Přemisťování může probíhat jednak interně na území podniku, tak externě při převážení zboží mezi jednotlivými odběrateli.

Množství výrobní zásoby závisí na [1]:

- Velikosti dopravní dávky.
- Dopravním čase.

### **1.4.4 Zásoba nedokončené výroby ( $Z_{\text{nv}}$ )**

Zásoby nedokončené výroby jsou materiály, součástky a dílčí sestavy, kterým byl vydán pokyn k výrobě. Tyto zásoby nemusí být ihned vyrobeny, ale mohou se nacházet v různém stupni zpracování anebo jen čekat uloženy v dílně.

Výše nedokončené zásoby záleží na velikosti dávky, která byla zadána do výroby. Kromě kusové výroby se zpravidla výrobky vyrábějí v určitých dávkách a množství, ať už v sériové, velkosériové nebo hromadné výrobě.

### **1.4.5 Zásoba technologická**

Zásoby technologické jsou takové, které potřebují čas k tomu, aby bylo zboží v požadované kvalitě připraveno k další distribuci. Nejvíce se setkáme s technologickou zásobou v potravinářském průmyslu, kdy je zapotřebí například dozrání vína, sýrů, hroznů, piva, apod. [1]

## 1.5 Náklady na zásoby

Správné vedení zásob je takové, kdy se najde správný poměr mezi rizikem spojeným s náklady na zásoby a jeho finanční náročností.

Zásoby spojené s náklady na jejich udržování se rozděluje do tří skupin [1]:

- Objednací neboli pořizovací náklady.
- Náklady na držení zásob.
- Náklady, které vznikají při nedostatku zásob.

### 1.5.1 Objednací (pořizovací) náklady na doplnění zásob

Objednací náklady charakterizují náklady, které vynaloží podnik za objednávku u externího dodavatele, např. hutní firma bude požadovat dodávku koksovatelného uhlí. Zde jsou zohledněny veškeré náklady spojené se zadáním objednávky, příjmem zboží a veškerých administrativních činností, včetně fakturace.

V opačném případě, kdy dochází k zásobování pomocí interního dodavatele, jsou náklady v rámci společnosti známe pod názvem pořizovací nebo přestavovací.

Mezi objednací náklady fixní zařazujeme:

- Náklady na veškerou administrativu spojenou s uzavíráním smlouvy, včetně nákladů souvisejících s výběrovým řízením.
- Náklady, které souvisí s příjmem zboží a jeho kontrolou.
- Náklady související s likvidací faktur.
- Náklady na dopravu, pokud si podnik obstará dovoz.
- Náklady, které se vynakládají na kontrolu plnění dodavatelských smluv.

Náklady pořizovací neboli přestavovací se vyskytují při dávkové výrobě. Velké množství podniků vyrábí širší spektrum výrobků v průběhu celého roku a je zapotřebí mít výrobu rovnoměrně rozloženou, aby nedošlo k velkým nákladům na držení zboží ve skladech. Pořizovací náklady vznikají při změně logistického toku, to znamená příjem materiálu, rozmístění a seřízení strojů apod. [1]

## 1.5.2 Náklady na držení zásob

Náklady na držení zásob se přímo úměrně zvyšují se skladováním neboli držením zásob v podnicích.

### a) Náklady vznikající v důsledku nároku na úrok

Zde zahrnujeme nárok na úrok, který je zapotřebí připočítat k držení zásob ve skladech. Jestliže se udržuje určité množství zásob, přichází se o kapitál, který se dá investovat do jiných oblastí. Z tohoto hlediska přicházíme o další možný zisk, a proto je nezbytné počítat s úrokem k docílení rentability, jinak postrádá smysl celé podnikání. [1]

### b) Náklady na skladování

Skladovací náklady jsou nezávislé na jejich hodnotě. Patří zde:

- Náklady na budovy – nájemné, údržba, odpisy.
- Náklady na údržbu a technologické zařízení.
- Náklady na energie – teplo, světlo, větrání, chlazení.
- Náklady pracovní – mzdy, pojištění, prémie, dovolená.
- Náklady na zabezpečení – ostraha, pojištění proti vandalizmu, požáru atd.
- Náklady spojené s inventurou.

Při skladování materiálu, je vhodné si přepočítat skladovací plochu za rok na  $m^2$ , v případě sypkých materiálu, přepočtem na skladovací objem v  $m^3$ . Při skladování materiálu je zapotřebí vzít v úvahu dostatečný prostor na manipulační zařízení, které jsou dány patřičnou normou. [1]

### c) Náklady spojené s rizikem skladování

Náklady mohou být také rizikové, a to v případě, že určité zboží nebudeme schopni prodat, z důvodu nedostatečné poptávky v důsledku zkaženého zboží, technického zastarání apod. Jedno z nejrizikovějších odvětví je například oděvnictví, kdy se vyrobí určitý počet oděvů a při nedostatečné poptávce na trhu dojde ke ztrátám a přeplnění skladů, čímž se opět zvyšují náklady na skladování.



### **1.5.3 Náklady vznikající při nedostatku zásob**

Náklady, vytvářející se při nedostatečných zásobách, jsou takové, které nemáme k dispozici, a tím pádem nemůžeme uspokojit zákazníka, který požaduje určité množství.

V takovém případě se naskytují dvě možná řešení:

- a) Objednávka bude evidovaná a vyřízená dodatečně při obdržení zásob od dodavatele. Anebo rychleji, v důsledku zajištění zboží za mnohdy větších nákladů spojené s administrativou a dopravou od jiných dodavatelů.
- b) Jestliže se zákazník rozhodne pro konkurenci, která dokáže jeho potřeby uspokojit, ztratíme zákazníka a možný zisk z realizované zakázky. [1]

## 2 Přehled metod a řízení zásob ve výrobě

Ve výrobě jsou dva základní modely řízení zásob, které mají významný vliv na samotnou výrobu, a to nezávislá a závislá poptávka.

Zásoby se průběžně doplňují v závislosti na čase a množství odebíraného zboží, jak například znázorňuje již výše uvedený obrázek 2. V případě, kdy se přibližuje zásoba do bodu B na objednací úroveň, tak musí dojít k pokynu doplnění zásob, které proběhne v dodacím cyklu ( $t_{\text{cykl}}$ ). Je vhodné počítat s pojistnou zásobou v případě opoždění dodacího cyklu nebo jiných vlivů, které zpozdí dodání požadovaného zboží. [3]

### 2.1 Nezávislá poptávka

Nezávislá poptávka (stochastická) je libovolná a nevzniká žádný vztah k poptávce po jiných výrobcích. Příkladem jsou opět obchodní střediska, ve kterých zákazník hledá celé spektrum výrobků a poptávka je pouze předpovídaná.

### 2.2 Závislá poptávka

Závislou poptávku můžeme stanovit v závislosti na poptávce určitého zboží, potřebné pro další odběr. Jedná se například o odebrání komponent pro montážní úsek (dílnu) z předchozího výrobního procesu. Pokud je zapotřebí zkompletovat dvě různé součásti za směnu v jednu, tak dokážu určit, kolik součástí budu potřebovat z předchozí dílny k jejímu zhotovení.

U závislé poptávky není zapotřebí udržování pojistné zásoby, proto by měla být co nejmenší anebo zcela vynechat a implementovat princip JIT. [3]

### 2.3 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba neboli Lean manufacturing je propracovaný systém, který byl zaveden firmou Toyota po 2. světové válce, známá pod názvem TPS (Toyota Production System).

Základní myšlenka „*náš zákazník, náš pán*“ je založena na výrobě pouze takového množství zboží, které zákazník opravu požaduje. Požadované množství zboží by mělo být

vyráběno v co možná nejkratším čase bez snížení kvality na úkor zákazníka, čímž se dosáhne minimalizaci plýtvání. [4]

Dosavadní pohled na rovnici zisku:

- $\text{Náklady} + \text{Zisk} = \text{Výsledná cena}.$

Změna ve štíhlé výrobě:

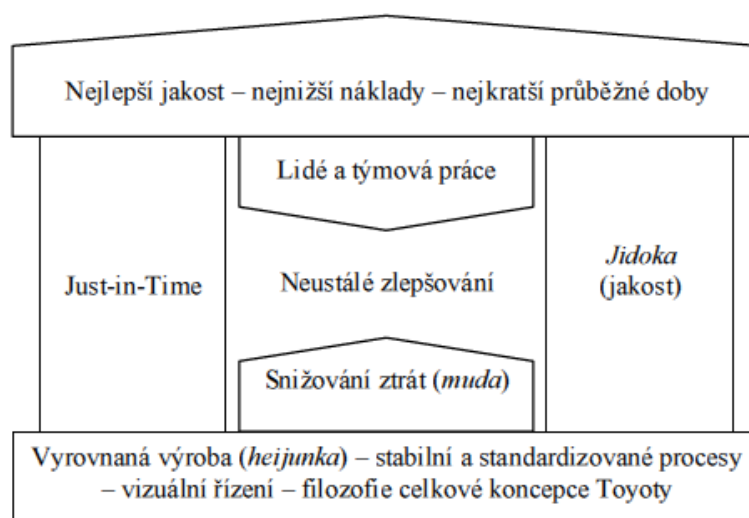
- $\text{Cena} - \text{Náklady} = \text{Zisk}.$

### Druhy plýtvání

- Vysoké zásoby – ať už ve skladech nebo ve výrobě je nadbytečné množství materiálu, kterého není ve skutečnosti zapotřebí.
- Nadbytečné manipulační operace – více pohybů, než je ve skutečnosti zapotřebí.
- Vysoké prostoje – čekací doby na práci, materiálů, nástrojů, dopravy.
- Nadměrná výroba – velké množství výrobků, které nemají zákazníka.
- Kontrola jakosti – kontrola provedena až na konci procesu.
- Vysoká zmetkovost.
- Přepracování zaměstnanců. [4]

## 2.4 Toyota Production Systém

Výrobní systém Toyoty (viz obrázek 3) se skládá z modelu chrámů, které spolu úzce souvisí ve výrobních systémech v reálných podnicích. Zmíněný chrám složený ze základů, pilířů a střechy je stabilní za předpokladu, že jeho jednotlivé části jsou také stabilní.



Obrázek 3: Výrobní systém Toyoty [5]

Střecha chrámu určuje cíle, kterých se snaží výrobní systém dosáhnout. Patří mezi ně nejvyšší kvalita dosažená za nejnižších nákladů v co možná nejkratší průběžné době s ohledem na životní prostředí a bezpečnost.

Krajní pilíře, které zprostředkovávají naplnění požadovaných cílů, jsou tvořeny JIT, které zahrnuje důležité aspekty jako je odstranění plýtvání, výrobní takt nebo KANBANová karta, a Jidoka, která zabezpečuje požadovanou kvalitu.

Ve středu systému dochází k týmové práci, snižování ztrát a neustálému zlepšování, které zajistí dosažení požadovaných cílů.

Chrást stojí na pevných základech, které charakterizují rozplánování velkého množství výroby pomocí metody heijunka, standardizovaných a stabilních procesů, včetně vizuálního řízení pro větší přehlednost.

Nemusíme se setkat se zavedením štíhlé výroby jenom u výrobních procesů, ale také například u návštěvy nemocnice, letištních pásových dopravníků, kde dochází k velkým časovým ztrátám z důvodu nekooperačních operací apod. [5]

Ve štíhlé výrobě je možné zavedení celého spektra nástrojů a technik, které souvisí s efektivním vedením v podnicích. Mezi ně řadíme například metody 5S, Heijunka, JIT, Kanban, Kaizen, Poka-Yoke, SMED, TPM apod.

S ohledem na cíl práce je následující kapitola věnována metodice KANBAN.

### **2.4.1 KANBAN**

Pojem KANBAN, zavedený společností Toyota, pochází z japonské terminologie a znamená kartu nebo štítek. Karta by měla obsahovat informace o požadavcích materiálu (dílů), její množství, požadující pracoviště, které potřebuje zadaný materiál a pracoviště zajišťující dodání materiálu. [5]

Příklad takové kanbanové karty je znázorněn na obrázku 4.

Číslo položky: 41211 – 36090 Název položky: Ozubené kolo			Předchozí proces: Kování A
Počet kusů 15	Typ přepravy C	Číslo přepravy 3/8	Následující proces: Obrábění C

Obrázek 4: KANBAN karta [5]

Cílem této metodiky je dodávání materiálu na pracoviště v určitém časovém intervalu, přičemž náklady návaznosti na obrátový kapitál by měly být co nejmenší. Účelem není vysoké využití kapacit, ale právě schopnost dodávat zboží, když je zapotřebí. Metodika KANBAN se zejména využívá ve velkosériové nebo hromadné výrobě, ve které existují standardizované operace a pracoviště s nízkým stupněm variability. Důležitým předpokladem je také nastavení standardního výrobního programu, srovnání výrobního taktu pracovišť apod. [6]

#### Podstatné prvky systému:

- Mezi výrobním a odebíracím místem je zavedený samořídící regulační okruh.
- Zavedený princip tahu, „vem si“, když potřebuješ, namísto mnohdy zavedeného „přines“.
- Nasazení lidí a výrobních prostředků by mělo být flexibilní.
- Přenesení zodpovědnosti a krátkodobé řídicí funkce na pracovníky.
- KANBAN karta slouží k přenosu informací. [7]

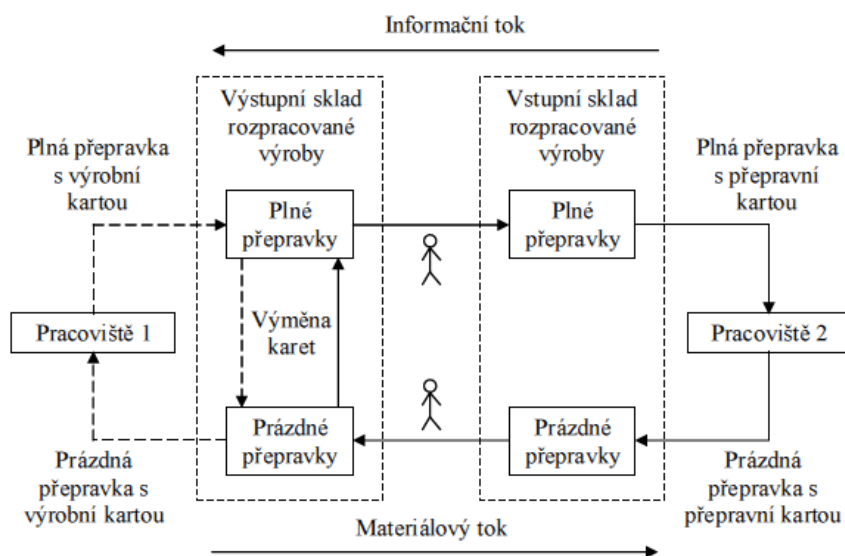
Průběh systémem KANBAN lze vysvětlit následovně: v případě, že odebírající pracoviště zaznamená, že stanovená výše zásoby dosahuje řídicí úrovně (hladiny), popřípadě je pod její úrovní, tak je zapotřebí nahlásit vyrábějícímu pracovišti potřebu, kterou vyjádří pomocí KANBAN karty. Vyrábějící pracoviště musí obstarat dodávku v požadovaném čase a množství, které bylo stanoveno. Vyhotovená zásilka se odesílá s KANBAN kartou. Oproti tradičním způsobům řízení materiálu dochází k řízení dodávky zásob na aktuálních požadavcích, což má za následek vysokou flexibilitu všech pracovišť. [7]

### Použití kanban karet se řídí pravidly:

- Odebírané pracoviště nesmí mít větší požadavek, než potřebuje, a zároveň nesmí požadovat doplnění zásob dříve, než je nutné.
  - Vyrábějící pracoviště vyrábí jen požadované množství a nesmí dojít k předání zmetků.
  - Rovnoměrné vytěžování pracovišť s co možná nejmenším počtem KANBAN karet.
- [7]

V praxi se setkáme nejčastěji s dvouúrovňovým KANBAN systémem (obrázek 5), tzn. dvoukartový kanban systém který zahrnuje:

- Výrobní kartu – pro konkrétní pracoviště znamená výrobu standardního počtu dílů, k dosažení jedné přepravky požadovaných produktů.
- Převážní kartu – přeprava jedné přepravky požadovaných produktů z pracoviště, na kterém byly vyrobeny na pracoviště, kde se budou spotřebovávat. [7]



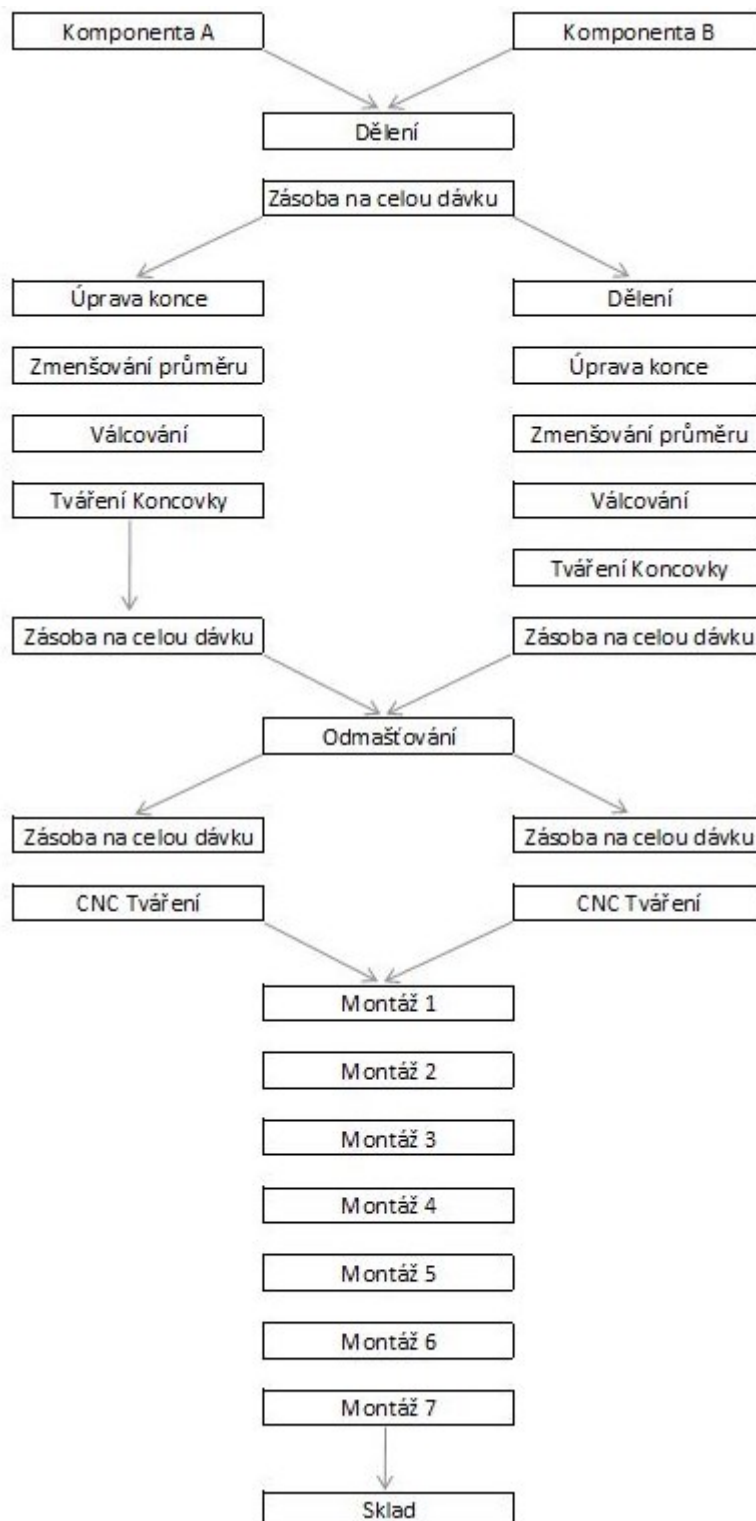
Obrázek 5: Dvoukartový kanban systém [7]

Jestliže na pracovišti 2 dojde ke spotřebování dílů z příslušné přepravky, tak se umístí prázdná přepravka do vstupního skladu a zároveň dojde k odebrání plné přepravky z toho samého skladu. Prázdná přepravka se přemístí do výstupního skladu, kde je nalezena plná přepravka a dojde k výměně dopravní a výrobní KANBAN karty. Plná přepravka se přemístí do vstupního skladu k pracovišti 2 pro doplnění zásob a prázdná přepravka znázorňuje impuls k výrobě na pracovišti 1. Naplněná přepravka se přemístí do výstupního skladu pracoviště 1 a celý proces se opakuje pořád dokola. [7]

### 3 Aplikace metody KANBAN karet na konkrétním případě

#### 3.1 Analýza současného stavu

Celý průběh logistického toku materiálu a samotné kompletování hotového výrobku v automobilovém podniku pro výrobu částí chladicího okruhu, je zobrazeno na obrázku 6. Jednotlivé operace budou následně rozepsány a vysvětleny.



Obrázek 6: Současný stav

Dosavadní vytížení v automobilovém průmyslu je příprava 1750 ks finálního výrobku ve tří-směnném provozu, přičemž jedna směna trvá 480 minut. Výrobní časy jednotlivých operací jsou uvedeny později v dynamické simulaci.

V automobilovém podniku je velké množství součástí A a B, které musí nejprve projít operací dělení, a tím se vytvoří zásoba pro celou dávku, která představuje 1750 ks komponentů typu A a B (obrázek 7).



Obrázek 7: První část výroby

Po provedení rozdělení součástí do zásobníku v plném množství, se teprve zahajuje výrobní proces, který je rozdělený do dvou větví, přičemž v každé dochází k opracování komponentů typu A a B samostatně (obrázek č. 8).



Obrázek 8: Druhá část výroby

Na každém pracovišti je zapotřebí pracovní síla k obsluze jednoúčelových strojů. V levé větvi dochází k úpravě konce komponentu A - zmenšení, válcování, tváření koncovky a poté se opět čeká, dokud zásoba na celou dávku nebude představovat zmíněných 1750 ks.

Na pravé straně dochází ještě k operaci navíc, a to dělení, při kterém dochází k odstřihnutí konce komponentu, následně probíhá součást výrobním procesem shodně jako u levé strany. Zde dochází také k naplnění přepravky v konečném počtu 1750 ks a až poté pokračuje další výroba.

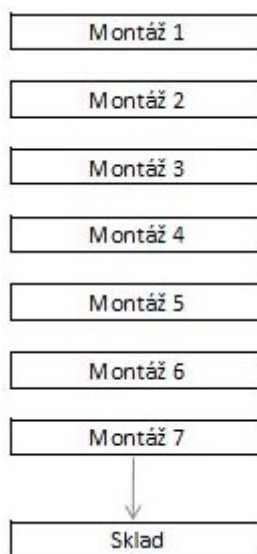


V třetí části výrobního procesu dochází k odmašťování jednotlivých komponent, přičemž odmašťovat lze jenom 50 kusů najednou, v časovém horizontu 260 sekund. Následně se opět čeká k zásobě na celou dávku 1750 ks obou komponent, rozdělení dle typu A, B a poté dochází k další výrobní operaci CNC tváření (obrázek 9).



Obrázek 9: Třetí část výroby

Posledním krokem ve výrobním procesu je zkompletování komponentů A, B v jeden celek, ke kterému dochází v montáži č. 1. V dalších montážích dochází k utváření finálního výrobku a po dokončení výroby se přesouvá hotový výrobek do skladu (obrázek 10).



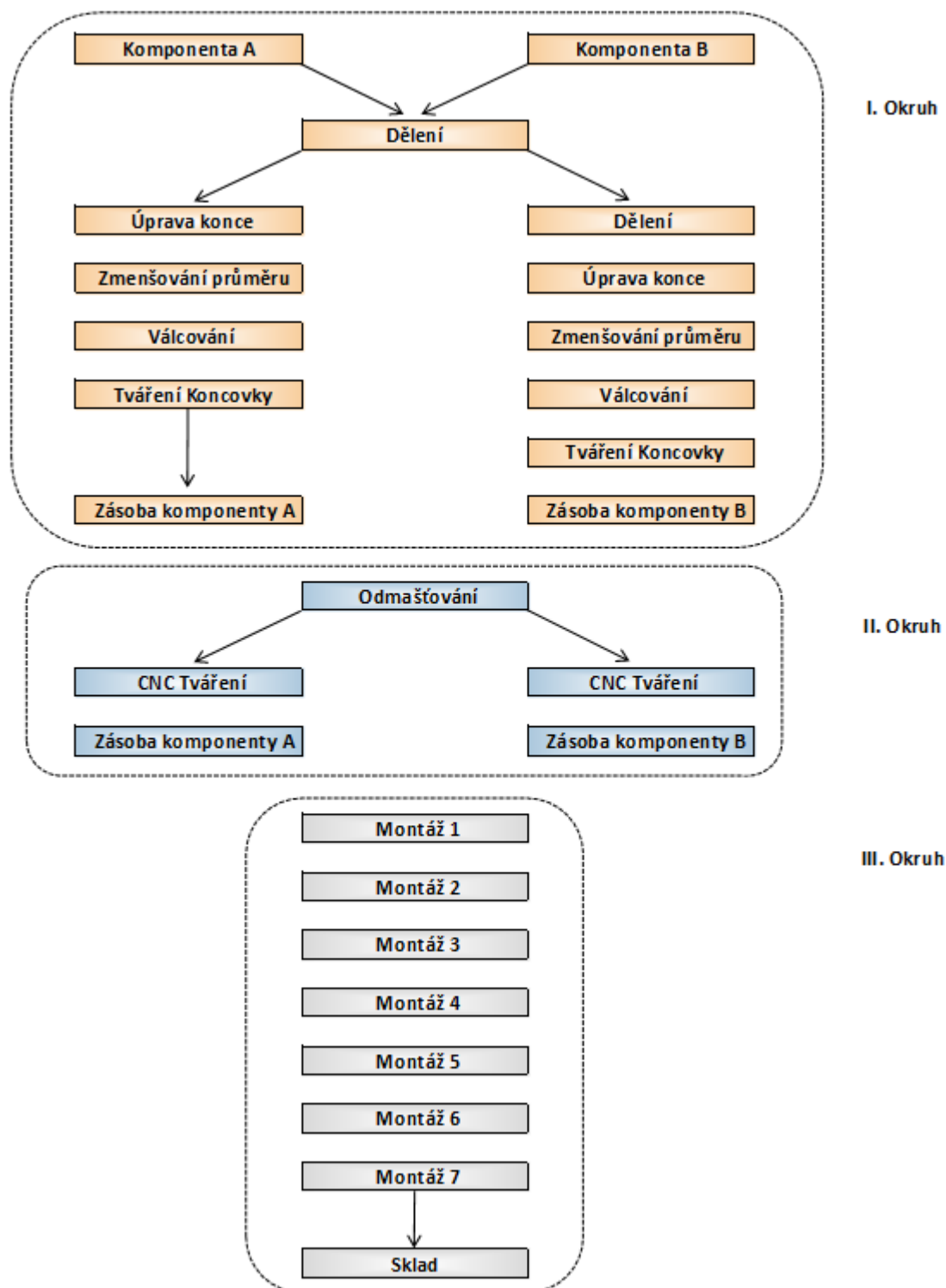
Obrázek 10: Čtvrtá část výroby

### 3.2 Návrh variant aplikace KANBAN karet

Při konzultacích ve společnosti se navrhlo několik KANBAN okruhů, které budou nadále porovnávány mezi sebou. Celkem bylo navrženo 5 variant, ze kterých se vybraly 3 nejvhodnější varianty pro následné zpracování a zhodnocení pomocí dynamické simulace v programu WITNESS.

### 3.2.1 Varianta A

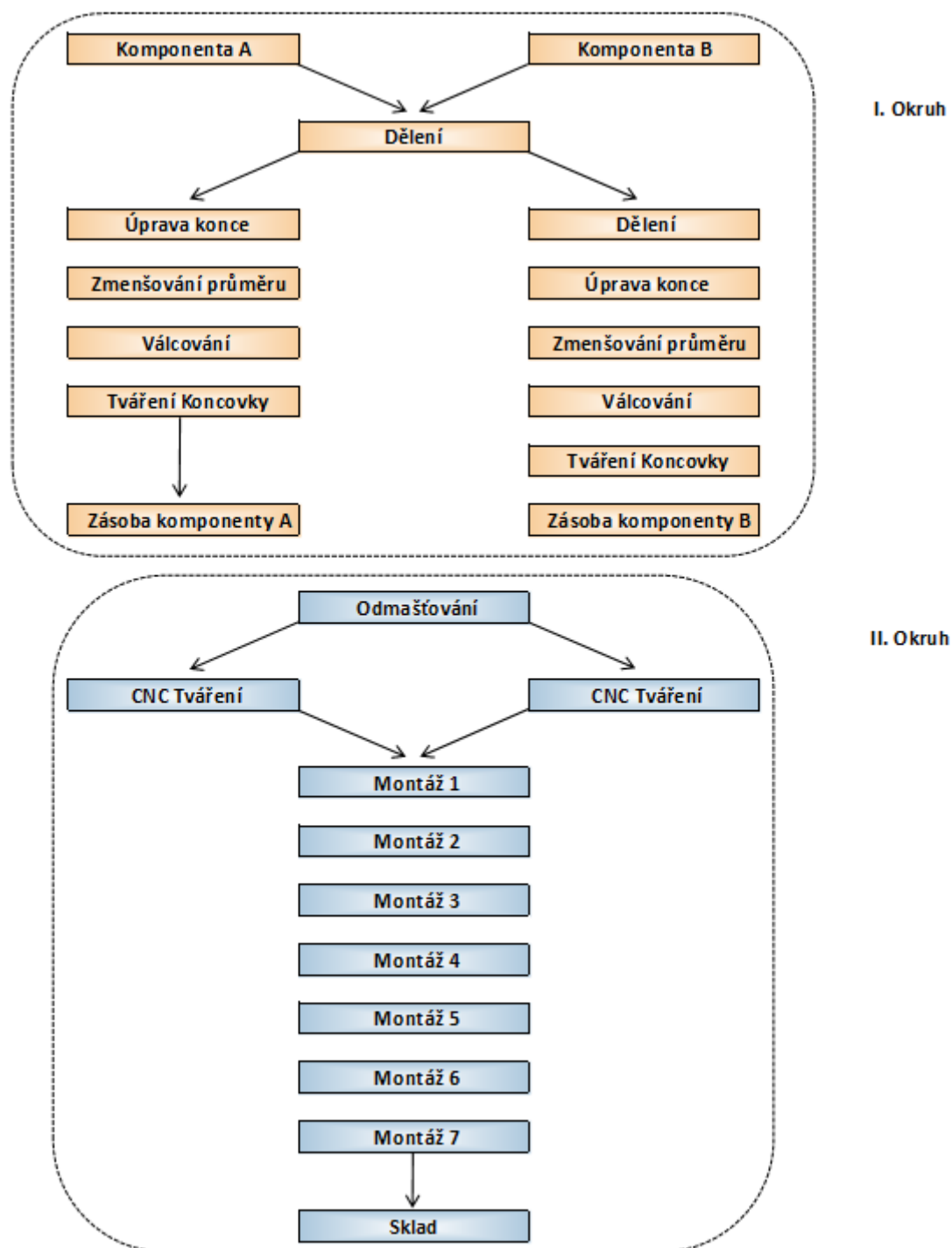
První varianta, která se bude porovnávat pomocí dynamické simulace v programu WITNESS, je složena ze 3 KANBAN okruhů a znázorněna na obrázku 11.



Obrázek 11: Varianta A

### 3.2.2 Varianta B

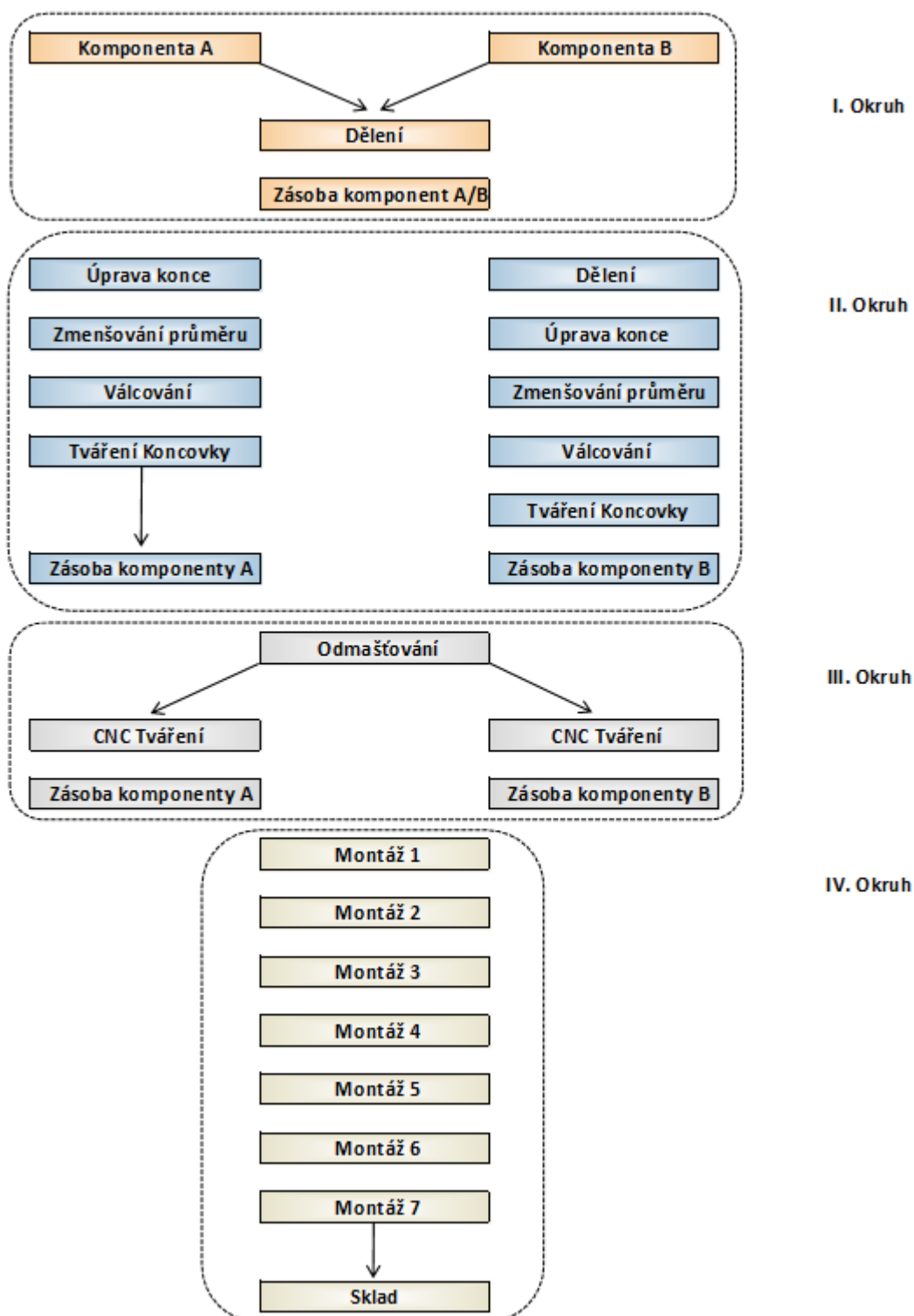
Druhá varianta je tvořena ze 2 KANBAN okruhů (viz obrázek 12). Varianta B bude opět nasimulována a ověřena za pomoci dynamické simulace.



Obrázek 12: Varianta B

### 3.2.3 Varianta C

Poslední variantou, která bude porovnávána za pomoci dynamické simulace v programu WITNESS, se skládá ze 4 KANBAN okruhů, znázorněné na obrázku č. 13.



Obrázek 13: Varianta C

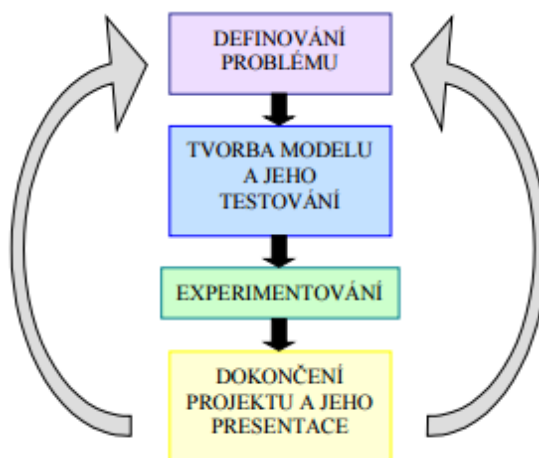
## 4 Ověření pomocí dynamické simulace

Porozumění problematice dynamických simulací v jakémkoliv simulačním nástroji je nezbytné pro pochopení řešeného příkladu, jeho přínosy a účelnost z praktického hlediska.

### 4.1 Teorie simulací

Pojem simulace reprezentuje napodobování nebo imitování činností systému v závislosti na čase. Zatímco pojem modelování se váže k napodobeninám prvků či objektů, které reprezentují existenční objekty. Chování systémů a jeho vývoj může být právě prověřován pomocí simulačních modelů. [8]

Princip a fáze simulačního projektu lze rozdělit do čtyř základních uskupení (viz obrázek 14). Před každou simulací je nejprve nutné poznání a definování problému, následně až postupování daným směrem přes tvorbu, experimentování a dokončení projektu.



Obrázek 14: Fáze simulačního projektu [8]

**Definování problému** – základním předpokladem pro sestavení modelu je kompletní popis zadaného objektu a hledisko, ze kterého se bude zkoumat. Je nutné definovat zadání úkolů a cílů, ke kterým bude model využit.

**Tvorba modelu a jeho testování** – zde dochází k návrhu simulačního systému a jeho realizaci. Návrh modelu by měl vycházet z konkrétních hodnot, které chceme zadávat do zvoleného simulačního programu. [8]

**Experimentování** – po úspěšné verifikaci simulačního modelu se aplikuje na předem zvolenou problematiku, která provádí simulační experimenty a analyzuje získané výsledky.

**Dokončení projektu** – úspěšnost při simulování modelů závisí také na poslední fázi dokončování projektu, tj. zhotovení dokumentace a prezentování dosažených výsledků.

## 4.2 Simulační nástroje

V praxi existuje různorodé prostředí, ve kterém se používají simulační programy. Nejrozšířenější jsou počítačové simulace. Záměrem je vymodelování co nejreálnějšího nebo hypotetického prostředí, přičemž dochází ke studování systému a jeho chování. V tabulce 1, jsou uvedeny simulační programy, se kterými se můžeme setkat v praxi. [9]

Tabulka 1: Simulační nástroje [9]

Simulační program	Popis
MATLAB	Použití v technickém a ekonomickém oboru pro matematické účely.
ARENA	Využití ve veškerém odvětví pro průmyslové aplikace, business modely s grafickým animačním systémem.
PROMODEL	Simulování předpověditelných událostí v různorodém prostředí.
SIMPROCESS	Vhodný pro simulaci podnikových procesů. Zahrnuje procesní mapování, diskrétní simulace a aktivity.
SIMSCRIPT	Využití pro simulaci a modelování projektů. Součástí aplikace je interaktivní grafické rozhraní a 2D animování grafiky.
WITNESS	Komplexní sada nástrojů vhodná pro modelování a simulování veškerých procesů v podniku.
SIMUL8	Vhodný pro simulaci vizuálního hodnocení a zlepšování procesů, používá se v obchodní odvětví.

Počítačové simulace mají rozsáhlé využití, např. optimalizování náročných výrobních systémů, logistické toky materiálu, rozmístění výrobních zařízení, včetně pracovišť, apod.

Výhody simulačních programů:

- Simulace probíhá na počítači a ne v reálném provozu.
- Experimentální metody s vysokou variabilitou.
- Rychlost ověření dosažených výsledků navržených variant.
- Komplexní pohled nad zvolenou problematikou, apod.

Nevýhody simulačních programů:

- Obtížnost interpretace výsledků při komplexních úlohách.
- Časová náročnost.
- Vyšší náklady na nákup softwaru.
- Kvalifikovaní pracovníci.

Ačkoliv se může zdát, že má zavedení simulačních programů do podniku i řadu nevýhod, tak v dlouhodobém měřítku zjistíme, že náklady, které jsme vložili do zakoupení zvoleného softwaru a proškolení pracovníků, nám mnohonásobně zvýší zisky a ušetří náklady, které by nám na první pohled nebyly jasné.

#### **4.2.1 Simulační nástroj WITNESS**

Simulační nástroj WITNESS je nástrojem užívaným k simulaci a optimalizaci výrobních, logistických a obslužných systémů, vydán společností Lanner Group Ltd. Hlavním využitím spočívá v interaktivním simulování systémů určitých událostí, které jsou zavedeny v organizaci za pomoci fyzických elementů v závislosti na časové ose. [10]

Přidaná hodnota v programu WITNESS:

- Efektivnější organizace práce v týmu za pomoci simulačního modelu.
- Kompletace a testování modelu po částech, díky kterým se zajistí identifikace logických chyb a vytvoření modelu v návaznosti na realitu.
- Variabilita modelu v průběhu simulace.

Využití simulačního programu WITNESS se používá po celém světě, nejenom ve výrobních podnicích, kde především zkoumáme výrobní procesy a rozdělení výrobních buněk v závislosti na čase, ale také v bankovníctví, letištích, zdravotnictví apod. Komplexní systém zahrnuje:

- Vyhodnocení kapitálových produktů.
- Kontinuální testování modelů a výrobních programů.
- Prozkoumání veškerých návrhů.
- Inovace stávajících zařízení.
- Změna struktury podniku. [10]

### 4.3 Příprava simulačního modelu v programu WITNESS

Postup při simulaci modelu výroby chladicího okruhu pro automobil, byl stanoven v následujících krocích:

- Sestavení původní nebo navržené varianty pomocí simulačních prvků.
- Určení procesních časů, včetně obslužných, mezi jednotlivými pracovišti.
- Definování logistického toku materiálu a jeho množství.
- Přiřazení pracovníků k jednoúčelovým strojům.
- Spuštění chodu simulace.

Před samotným začátkem sestavování modelu v programu WITNESS je důležité nastavit jednotky, ve kterých bude simulace probíhat. V tomto případě jsou zvoleny minuty, ačkoliv všechny výrobní časy byly původně v sekundách, protože je přehlednější pro srovnání udávat časy v minutách, popřípadě v hodinách.

Samotné schéma modelu je sestaveno z knihovny prvků, kterým simulační program WITNESS disponuje. Pro sestavení původního schématu a navržených variant jsem použil část part, která značí součást. Jedná se o součást typu A nebo B (samec a samice), které se kompletují později do sebe v jeden funkční celek.

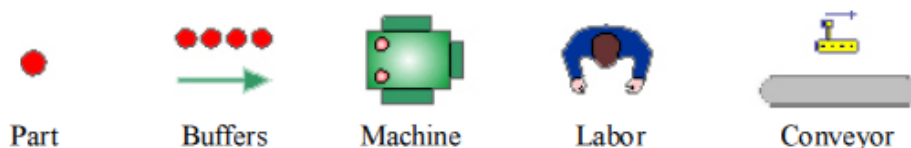
Dále jsem potřeboval nadefinovat stroje, které mají označení Machine. Využíval jsem je v průběhu sestavování jednotlivých variant a přiřadil jsem k jednotlivým strojům obsluhující pracovníky, v programu jsou zobrazeny pod názvem Labor. Při sestavování prvků Machine, jsem musel nadefinovat procesní časy jednotlivých strojů, včetně délek trvání potřebných k obsluze.

Poté jsem využil prvek Buffers, který značí zásobníky. Zásobníky jsou nezbytné při sestavování KANBAN okruhů, protože nám určují velikost a počet mezioperačních zásob mezi jednotlivými okruhy. V mém případě byla stanovena mezioperační zásoba na 50 ks.

Následně jsem nastavil přepravu materiálu mezi jednotlivými montážemi pomocí pásového dopravníku, který je označen pod pojmem Conveyor.



Grafické zobrazení výše popsaných komponentů je zobrazeno na obrázku 15.



Obrázek 15: Komponenty použité pro simulaci modelu

Posledním krokem bylo nadefinování logistického toku materiálů, v rámci zvolené varianty. Když máme takto zhotovené schéma v programu WITNESS, tak můžeme přejít ke spuštění a vyhodnocení jednotlivých variant.

#### 4.4 Popis stávajícího modelu

V příloze A je zhotoven model současného stavu v simulačním programu WITNESS. V této kapitole se budu věnovat jednotlivému popisu stávajícího modelu po částech, tak jak byl vytvořen.

Nejprve jsem nadefinoval součásti PartA a PartB, ze kterých probíhá samotná výroba. Každá součást byla v celkovém počtu 1750 ks na jejím začátku. Následuje přesunutí do prvního jednoúčelového stroje (machine), který provádí operaci Dělení. Zde dochází k rozdělení součástí do Zásobníku1, je-li součást typu PartA, a Zásobníku2, je-li součást typu PartB. První část výrobního procesu je zobrazena na obrázku 16.



Obrázek 16: První část stávajícího modelu

Procesní čas stroje Dělení je znázorněn v tabulce 2. Je zde uveden výrobní čas pro jeden kus v minutách. Do jednoúčelového stroje Dělení, je zapotřebí nastavit výrobní čas pro 3500 ks, který činí 3,96666 minut.

Tabulka 2: Výrobní časy první části

Název operace	Výrobní čas [m/ks]	Výrobní čas [m/3500ks]
Dělení	0,00113	3,96666

V druhé části se rozděluje výroba na dvě větve, dle typu součástí (obrázek 17).



Obrázek 17: Druhá část stávajícího modelu

Na obrázku 17 si můžete všimnout pracovníků, kteří jsou přiděleni k jednotlivým strojům. Každý pracovník tedy obsluhuje jeden jednoúčelový stroj. V simulaci jsou rovněž nastaveny povinné přestávky, které jsou nastaveny v konkrétním reálném podniku. Přestávky v podniku činní dohromady 45 minut pracovního času na jednoho pracovníka.

Nezbytné pro sestavení modelu bylo nadefinování všech jednoúčelových strojů s výrobním časem a stanovit tok materiálů v logistickém řetězci. Výrobní časy a přehled strojů je zobrazen v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Výrobní časy druhé části

Název operace	Výrobní čas [m/ks]	Název operace	Výrobní čas [m/ks]
Úprava konce	20,0032	Dělení 2	20,0036
Změna průměru	20,0032	Úprava konce 2	20,0036
Válcování	20,0032	Změna průměru 2	20,0036
Tváření koncovky	20,0032	Válcování 2	20,0036
		Tváření koncovky 2	20,0036

Výrobní časy v tabulce byly původně zadány v sekundách. Pro větší zřetelnost jsou údaje uvedeny v minutách na jeden kus. V tabulce je uveden výrobní čas, který je považován za absolutní. Zahrnuje časy potřebné pro obsluhu stroje, přemístění hotového výrobku na další operace a vložení nového výrobku do stroje.

Třetí část modelu v simulačním programu WITNESS, se skládá z nejdůležitější části celého výrobního procesu a to je jednoúčelový stroj, na kterém se provádí operace Odmašťování. Zde probíhá odmašťování 50 ks součástí v časovém trvání 4,3333 minuty. Odběr součástí se musel nastavit sekvenčně ze Zásobníků 5 a 6, aby nedošlo ke kumulaci většího množství stejného výrobků.

Po odmašťování dochází k předání součástí typu A, do CNC Tváření 1 a součástí typu B, do CNC Tváření 2 (viz obrázek 18). Zde dochází k opracování a uskladnění do Zásobníků 7 a 8 pro pozdější odběr ke kompletaci na montážní lince.



Obrázek 18: Třetí část stávajícího modelu

Na obrázku 18, jsou také přiřazení jednotliví pracovníci, k jednoúčelovým strojům. Ti mají za úkol obsluhovat a předávat materiál do zásobníků pro poslední operaci a tím bude již zmíněná montáž.

V tabulce 4 jsou uvedeny výrobní časy u operace CNC Tváření 1,2 v minutách na jeden kus. Proces Odmašťování je uveden v minutách na velikost dávky 50 kusů, protože tolik součástí najednou pojme daná operace.

Tabulka 4: Výrobní časy třetí části

Název operace	Výrobní čas [m/50ks]	Název operace	Výrobní čas [m/ks]
Odmašťování	4,3333	CNC Tváření 1	20,0033
		CNC Tváření 2	20,0033

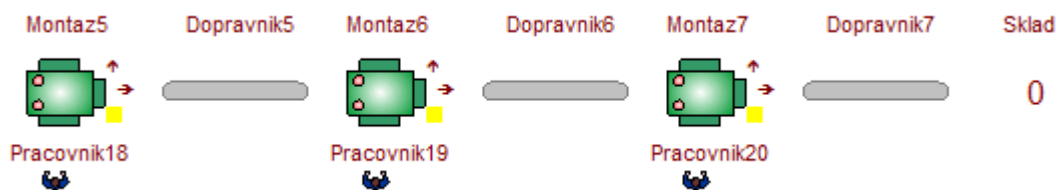
Na obrázku 19 a obrázku 20 je možné shlédnout další část výrobního procesu, tj. zhotovení součástí typu A a B v jeden celek.

Obrázek 19 představuje operaci Montáž 1 – 4. Je potřeba podotknout, že materiál je přepravován pomocí pásových dopravníků, které se pohybují rychlostí 5m/min.



Obrázek 19: Čtvrtá část stávajícího modelu

Schéma, které znázorňuje obrázek 20, charakterizuje zobrazení navazujících operací Montáž 5 – 7 a následné samotné uložení do skladu, přičemž pod pojmem sklad si můžeme představit odběratele, neboli zákazníka, který očekává doručení předem stanoveného množství v určitém čase.



Obrázek 20: Pátá část stávajícího modelu

V simulaci je důležité mít nastaveno při první montáži vstup dvou součástí a jejich následnou kompletaci. Výrobní časy při jednotlivých montážích se liší a jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Výrobní časy čtvrté části

Název operace	Výrobní čas [m/ks]	Název operace	Výrobní čas [m/ks]
Montáž 1	20,0036	Montáž 5	20,0033
Montáž 2	20,0036	Montáž 6	20,0036
Montáž 3	20,0035	Montáž 7	20,0033
Montáž 4	20,0036		

Takto zhotovený model je připravený ke spuštění simulačního programu a zjištění celkové délky výroby současného stavu v podniku. Naměřené výsledky jsou porovnávány v dalších kapitolách s navrženými variantami.

## 4.5 Schéma stávajícího stavu

Původní schéma, nasimulované v programu WITNESS, je znázorněno v příloze A. Pomocí dynamické simulace jsem zjišťoval časy, které se budou porovnávat s navrženými variantami.

Jelikož stávající výroba není rozdělená na KANBAN okruhy a pracuje se s velkým množstvím mezioperačních zásob, tak dochází samozřejmě k velkým výrobním časům. Průběh logistického toku materiálu probíhá kontinuálně, tak jak již bylo popsáno v kapitole 3.1. Pro porovnání s ostatními návrhy jsem uvedl zvolené údaje do tabulky 6.

Tabulka 6: Výrobní čas stávajícího stavu

Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Pro 25 ks	1720,3
Pro 550 ks	1960,6
Pro 600 ks	1980,6
Pro 1750 ks	2486,3

## 4.6 Schéma navržených variant

V této kapitole jsou popsány tři varianty řešení se všemi potřebnými údaji, které se budou následně porovnávat při vyhodnocení nejlepší varianty.

### 4.6.1 Schéma varianty A

Schéma varianty A je zobrazeno v příloze B a obsahuje 3 KANBAN okruhy. Mezioperační zásoba v každém okruhu bude činit dohromady 50 ks komponent A a B. Zásoba byla stanovena vzhledem k úzkému místu, které je odmašťování. Tato operace pojme najednou 50 ks součástí ve výrobním čase 260 sekund.

V navržené variantě A mě budou zajímat opět výrobní časy, jak v jednotlivém okruhu prázdné linky, tak výrobní časy při kontinuální výrobě. Budu porovnávat výrobní časy

při velikosti dávky v celkovém počtu 50 ks komponent A a B, ze kterého se ve finální fázi zhotoví 25 ks součástí. Dále budu srovnávat výrobní časy při výrobě 550, 600 a 1750 ks.

Na obrázku 21 je znázorněný první KANBAN okruh. Pomocí dynamické simulace jsem změřil délky trvání výroby při odlišných velikostech dávek, které budou porovnávány s jinými variantami. Naměřené údaje jsou uvedeny pro všechny okruhy v tabulce 7.



Obrázek 21: Varianta A – 1. okruh

Druhý KANBAN okruh se skládá z odmašťování a CNC tváření, který je znázorněn na obrázku 22. Opět mě budou zajímat výrobní časy při prázdné lince a poté při průběžné výrobě, které jsou vyhotoveny v tabulce 7.



Obrázek 22: Varianta A – 2. okruh

Třetím KANBAN okruhem je samotná montáž součástí, která je zobrazena v příloze B, počínaje Montáží 1 a ukončením uložením do skladu. Zde dochází ke spojení dvou částí v jednu s následným uložením do skladu. Naměřené údaje jsou uvedeny v tabulce 7.

V tabulce 7 jsou uvedeny výrobní časy prázdné linky a linky při kontinuálním provozu určitého množství. Tyto výrobní časy jsou odměřeny pomocí dynamické simulace.

Výrobní dávka je vyčíslena hodnotou 25 ks. Nicméně mezioperační zásoba mezi jednotlivými okruhy je 50 ks, protože jsou to dvě součásti kompletovány dohromady.

Tabulka 7: Výrobní časy jedné dávky - varianty A

<b>Výrobní dávka 25 ks</b>	<b>I. Okruh [m]</b>	<b>II. Okruh [m]</b>	<b>III. Okruh [m]</b>
Prázdná linka	10,8	12,8	82
Plná linka	8,4	8,1	9,6

Cílem je zhotovení celkového počtu 1750 ks součástí ve 3 směnném provozu. V první a druhé směně dojde k výrobě 600 ks hotových součástí, z čehož vyplývá celkový počet 24 výrobních dávek. Ve třetí směně se vyrobí 550 ks, které představují 22 výrobních dávek.

Pomocí dynamické simulace jsem si mohl jednoduše změřit výrobní časy v různých výrobních dávkách, které jsou zaznamenány v tabulce 8 a budou využity při porovnání s dalšími variantami.

Tabulka 8: Směnové výrobní časy varianty A

<b>Velikost dávky</b>	<b>I. Okruh [m]</b>	<b>II. Okruh [m]</b>	<b>III. Okruh [m]</b>
1. směna 24 d.	204	199,1	302,8
2. směna 24 d.	204	199,1	302,8
3. směna 22 d.	187,2	182,9	283,6
<b>CELKEM</b>	<b>595,2</b>	<b>581,1</b>	<b>889,2</b>

Naměřené hodnoty by si šlo snadno ověřit výpočtem, když spočítáme počet výrobních dávek a vynásobíme příslušným výrobním časem. Je třeba vzít v úvahu náběh linky, protože na počátku máme jen mezioperační zásobu ve velikosti dávky 25 ks (to

představuje celkový počet 50 ks). Z toho vyplývá, že první dávka se musí počítat s časem prázdné linky a dalších 23 dávek se už počítá s časem pro plnou linku.

#### 4.6.2 Schéma varianty B

Varianta B je zobrazena pomocí dynamické simulace v programu WITNESS v příloze C. Tato varianta se skládá ze dvou KANBAN okruhů, s mezioperační zásobou stejnou jako u varianty A, a to je 50 kusů, ze kterých se zkompletuje 25 finálních součástí.

Stejně jako u varianty A budu potřebovat výrobní časy v jednotlivých okruzích. Bude mě tedy zajímat výrobní čas prázdné linky, tzn. její náběh, a výrobní čas po jejím náběhu, tzn. čas při souběžné výrobě.

Na obrázku 23 je znázorněn první KANBAN okruh, který je stejně zvolený jako u předešlé varianty. Z toho vyplývá, že výrobní časy v prvním okruhu budou stejné.



Obrázek 23: Varianta B – 1. okruh

V příloze C je znázorněna celá dynamická simulace pro variantu B, na které je zobrazen druhý KANBAN okruh pro danou variantu. Na rozdíl od první varianty nedochází k uskladnění zásob po procesu tváření, ale rovnou dochází k jeho montáži. Tím se nám zmenší mezioperační zásoba, ale prodloužíme výrobní časy jednotlivých dávek, které jsou nezbytné při zhotovení finálního výrobku.



Při stanovení počtu KANBAN okruhů je potřeba vzít v úvahu, že s každým dalším okruhem narůstá potřeba mezioperačních zásob, legislativních operací a v neposlední řadě potřeba skladovacích prostorů.

V tabulce 9 jsou uvedeny výrobní časy prázdné a plné linky, které jsou odměřeny pomocí dynamické simulace v programu WITNESS. Výrobní dávka je stanovena stejně jako u předešlé varianty, tj. hodnotou 25 ks. Je potřeba si však uvědomit, že mezioperační zásoba je 50 ks, protože jsou to dvě součásti kompletovány dohromady.

Tabulka 9: Výrobní časy jedné dávky - varianty B

<b>Výrobní dávka 25 ks</b>	<b>I. Okruh [m]</b>	<b>II. Okruh [m]</b>
Prázdná linka	10,8	86,6
Plná linka	8,4	9,6

Cílem je opět zhotovení celkového počtu 1750 ks součástí ve 3 směnném provozu. V první a druhé směně dojde k výrobě 600 ks hotových součástí, to znamená 24 výrobních dávek. Ve třetí směně se vyrobí 550 ks, které představují 22 výrobních dávek.

Výrobní časy v jednotlivých okruzích byly opět odměřeny pomocí dynamické simulace v programu WITNESS a zaznamenány do tabulky 10.

Tabulka 10: Směnové výrobní časy varianty B

<b>Velikost dávky</b>	<b>I. Okruh [m]</b>	<b>II. Okruh [m]</b>
1. směna 24 d.	204	307,4
2. směna 24 d.	204	307,4
3. směna 22 d.	187,2	288,2
<b>CELKEM</b>	<b>595,2</b>	<b>903</b>

Směnové výrobní časy varianty B budu používat pro porovnání s dalšími navrženými variantami a výsledně vyhodnocovat nejlepší možnou variantu. Už teď stojí za povšimnutí, že při zavedení jenom dvou KANBAN okruhů namísto tří, dosáhnou úspor v oblasti skladovacích ploch a dalších legislativních úkonů.

Opět jednoduchým výpočtem si mohu ověřit pravost naměřených výsledků, a to při vynásobení 23 dávek v první a druhé směně, časem při plné lince, přičemž u poslední dávky musím počítat s časem prázdné linky, stejně jako v případě varianty A.

### 4.6.3 Schéma varianty C

Poslední navržená varianta C je zobrazena v příloze D, kterou budu srovnávat s předešlými možnostmi. Skládá se ze čtyř KANBAN okruhů se stejnou mezioperační zásobou 50 ks.

Podobně, jako u dvou předešlých variant pomocí dynamické simulace, budu měřit výrobní časy v jednotlivých okruzích. Opět dojde k zaznamenání výrobního času prázdné linky a výrobního času linky při jejím zaplnění.

Na obrázku 24 je znázorněn první KANBAN okruh, který je odlišný od předchozího návrhu řešení. V podstatě dochází k rozdělení dvou součástí přes jednoúčelový stroj dělení do příslušných zásobníků.



Obrázek 24: Varianta C – 1. okruh

Druhý KANBAN okruh je znázorněn na obrázku 25, kde výroba prochází opět ve dvou větvích a na jejím konci dojde k naplnění zásoby 25 ks pro každou větev.



Obrázek 25: Varianta C – 2. okruh

Na obrázku 26 je zobrazen třetí KANBAN okruh, který je stejný jako u Varianty A. Po procesu odmašťování dojde k následnému opracování na CNC strojích a naplnění zásoby 25 ks v každé větvi.



Obrázek 26: Varianta C – 3. okruh

Čtvrtý okruh je znázorněn v příloze D a jedná se opět o konečný proces výroby, a to je montáž dvou součástí v jeden celek, počínaje Montáží 1 a ukončením uložením do skladu.

Výrobní časy prázdné a plné linky jsou zaznamenány v tabulce 11. Pomocí dynamické simulace jsou změřeny v programu WITNESS. Výrobní dávka se nebude lišit od předešlých variant řešení a je stanovena na 25 ks (mezioperační zásoba je opět 50 ks).

Tabulka 11: Výrobní časy jedné dávky - varianty C

Výrobní dávka 25 ks	I. Okruh [m]	II. Okruh [m]	III. Okruh [m]	IV. Okruh [m]
Prázdná linka	1,1	9,8	12,8	82
Plná linka	1,1	8,4	8,1	9,6

Jako u předešlých variant je cílem vyrobít 1750 ks součástí ve 3 směnném provozu. V první a druhé směně se vyrobí 600 ks, to představuje 24 výrobních dávek. Ve třetí směně dojde k výrobě 550 ks s celkovým počtem 22 výrobních dávek.

Směnové výrobní časy varianty C jsou zobrazeny v tabulce 12. Časy byly opět odměřeny pomocí dynamické simulace a zaznamenány pro následné vyhodnocení s jinými variantami.

Tabulka 12: Směnové výrobní časy varianty C

Velikost dávky	I. Okruh [m]	II. Okruh [m]	III. Okruh [m]	IV. Okruh [m]
1. směna 24 d.	26,4	203	199,1	302,8
2. směna 24 d.	26,4	203	199,1	302,8
3. směna 22 d.	24,2	186,2	182,9	283,6
<b>CELKEM</b>	<b>77</b>	<b>592,2</b>	<b>581,1</b>	<b>889,2</b>

Naměřené výrobní časy jsou hodně podobné variantě A. Rozdíl u téhle varianty je zaznamenán větším počtem KANBAN okruhů.

U varianty C máme o jeden okruh navíc při srovnání s Variantou A. Při porovnání s variantou B jsou zde dva okruhy navíc, což bude mít zásadní vliv na velikost mezioperačních zásob, a také obstarání skladovacích ploch. Můžeme jej také nazývat meziskladové prostory, kde se čeká na odběr při vzniklém požadavku.

Stejně jako u předešlých variant si můžeme ověřit naměřené hodnoty, které jsou změřeny pomocí dynamické simulace jednoduchým výpočtem. Je zapotřebí myslet na náběh linky, tzn., že první dávka bude počítána s časem prázdné linky a další v závislosti na výrobních časech při jejím zaplnění.

## 5 Zhodnocení navrženého řešení

V této kapitole se budu věnovat zhodnocení a porovnání dosažených výsledků, které jsem nasimuloval pomocí dynamické simulace v programu WITNESS.

Nejprve mne bude zajímat srovnání výrobních časů navržených variant s původní variantou a poté velikost mezioperačních zásob mezi jednotlivými variantami.

### 5.1 Vyhodnocení výrobních časů

Všechny navržené varianty jsou nejprve porovnány s variantou současného stavu a následně jsou vyhodnoceny výsledky.

#### 5.1.1 Srovnání s variantou A

Dosažené výsledky pomocí simulačního programu WITNESS jsou uvedeny přehledně v tabulce 13.

Tabulka 13: Srovnání výrobních časů s variantou A

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Původní stav	Pro 25 ks	1720,3
	Pro 550 ks	1960,6
	Pro 600 ks	1980,6
	Pro 1750 ks	2486,3
Varianta A	Pro 25 ks	82
	Pro 550 ks	283,6
	Pro 600 ks	302,8
	Pro 1750 ks	889,2

Už na první pohled je zřejmé, že při porovnání s původním stavem je úspora výrobních časů obrovská při takto navržených KANBAN okruzích. Čím větší je objem výrobní dávky, tím více se nám výrobní čas u varianty A zkracuje, protože výroba prochází kontinuálně přes výrobní linky a nedochází k jejímu vyprázdnění, které by mělo za následek opět delší výrobní čas.

Cílem je nastavení takových KANBAN okruhů, aby bylo možno vyrobit 1750 ks, ve 3 směnném provozu. Srovnání a úspora výrobních časů při objemu výroby 1750 ks je uvedeno v tabulce 14.

Tabulka 14: Vyhodnocení výrobních časů s variantou A

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Původní stav	Pro 1750 ks	2486,3
Varianta A	Pro 1750 ks	889,2

Výpočet úspory výrobního času chladicího okruhu lze vyjádřit poměrově jednoduchým matematickým vztahem při podělení výrobního času původní varianty s variantou A anebo úsporou v minutách při odečtení navržených variant:

$$\text{Úspora} = \frac{2486,3}{889,2} = 2,8x$$

Při srovnání požadované výrobní dávky 1750 ks bylo zjištěno, že úspora první navržené varianty je skoro 3 násobná s časovou úsporou 1597,1 minut.

### 5.1.2 Srovnání s variantou B

Naměřené výsledky pomocí dynamické simulace jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15: Srovnání výrobních časů s variantou B

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Původní stav	Pro 25 ks	1720,3
	Pro 550 ks	1960,6
	Pro 600 ks	1980,6
	Pro 1750 ks	2486,3
Varianta B	Pro 25 ks	86,6
	Pro 550 ks	288,2
	Pro 600 ks	307,4
	Pro 1750 ks	903

Při srovnání velikosti výrobní dávky mezi původním stavem a druhou navrženou variantou zjistíme, že opět dochází k velkému rozdílu výrobních časů. Stejně jako u předešlé varianty, čím větší je objem výrobní dávky, tím se zkracuje výrobní čas.

Varianta B je složena ze dvou KANBAN okruhů a bude mě opět zajímat srovnání celkového počtu součástí 1750 ks v závislosti na čase. Naměřené údaje jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16: Vyhodnocení výrobních časů s variantou B

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Původní stav	Pro 1750 ks	2486,3
Varianta B	Pro 1750 ks	903

Výpočet úspory výrobního času chladicího okruhu jsem opět vyjádřil poměrovým způsobem. Největšího rozdílu jsem dosáhl při srovnání s původní variantou, nicméně od varianty A se už tolik neliší.

$$\text{Úspora} = \frac{2486,3}{903} = 2,75x$$

Při srovnání celkového objemu výroby 1750 ks bylo zjištěno, že úspora druhé navržené varianty se přibližuje 3 násobku, s časovou úsporou 1583,3 minut.

### 5.1.3 Srovnání s variantou C

Poslední dosažené výsledky výrobních časů varianty C, naměřené za pomoci dynamické simulace v programu WITNESS, jsou srovnány opět s původním stavem v tabulce 17.

Varianta C se odlišuje od ostatních navržených variant počtem zvolených okruhů. Tato varianta je složena ze 4 KANBAN okruhů, přičemž cílem je dosažení celkového počtu 1750 ks ve 3 směnném provozu v závislosti na čase.

Tabulka 17: Srovnání výrobních časů s variantou C

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Původní stav	Pro 25 ks	1720,3
	Pro 550 ks	1960,6
	Pro 600 ks	1980,6
	Pro 1750 ks	2486,3
Varianta C	Pro 25 ks	82
	Pro 550 ks	283,6
	Pro 600 ks	302,8
	Pro 1750 ks	889,2

Při porovnání dosažených výsledků měření zjistíme, že dochází ke stejným výsledkům jako u varianty A s jediným rozdílem, a tím je navýšení počtu KANBAN okruhů. Tím se samozřejmě zvětší nároky na legislativní úkony, prostorovou dispozici, apod.

Nejdůležitějším prvkem je srovnání celkového počtu součástí v počtu 1750 ks, vyrobené v jednom pracovním dni ve 3 směnném provozu. Údaje jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18: Vyhodnocení výrobních časů s variantou C

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Původní stav	Pro 1750 ks	2486,3
Varianta C	Pro 1750 ks	889,2

Celkový výrobní čas u varianty C je 889,2 minut, což je opět veliký rozdíl při porovnání s původním stavem.

$$\text{Úspora} = \frac{2486,3}{889,2} = 2,8x$$

Při srovnání celkového objemu výroby 1750 ks jsem zjistil, že úspora poslední navržené varianty je stejná jako u varianty A, nicméně v této variantě máme o jeden KANBAN okruh navíc, z čehož usuzuji jeho nadbytečnost.



## 5.2 Výběr varianty podle výrobního času

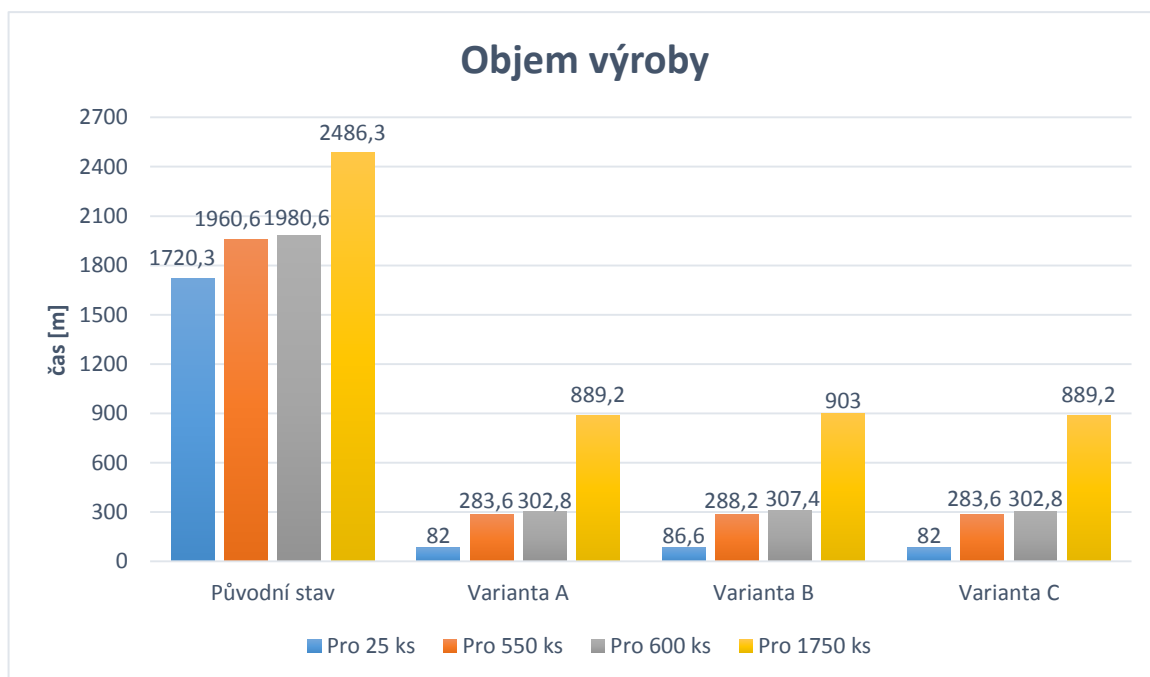
Nejdůležitějším kritériem při vyhodnocení nejlepší varianty dle časového hlediska je výrobní čas. Po spuštění dynamické simulace jsem získal potřebné časové údaje, které jsem mezi sebou porovnal a vybral nejefektivnější variantu. V tabulce 19 jsou uvedeny všechny varianty, které se mezi sebou porovnávaly.

Tabulka 19: Vyhodnocení všech variant

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Původní stav	Pro 25 ks	1720,3
	Pro 550 ks	1960,6
	Pro 600 ks	1980,6
	Pro 1750 ks	2486,3
Varianta A	Pro 25 ks	82
	Pro 550 ks	283,6
	Pro 600 ks	302,8
	Pro 1750 ks	889,2
Varianta B	Pro 25 ks	86,6
	Pro 550 ks	288,2
	Pro 600 ks	307,4
	Pro 1750 ks	903
Varianta C	Pro 25 ks	82
	Pro 550 ks	283,6
	Pro 600 ks	302,8
	Pro 1750 ks	889,2

Dle přiložené tabulky můžeme vidět, že nejkratší výrobní čas má varianta A a C. Důvodem proč mají obě dvě varianty shodný výrobní čas, je stejně nastavený poslední KANBAN okruh. Varianta A se skládá z 3 KANBAN okruhů, kdežto varianta C má nastaveny 4 okruhy. Z tohoto hlediska jsem určil, že Varianta C má nadbytečný okruh, který není efektivní a nese s sebou značné náklady, ať už z legislativního nebo prostorového hlediska.

Grafické zobrazení porovnání jednotlivých výrobních časů mezi zvolenými variantami představuje Graf 1. Z tohoto grafu je rovněž patrné, která varianta při srovnání s původním stavem je nejvýhodnější z hlediska výrobního času.



Graf 1: Objem výrobní dávky v závislosti na čase

Je zapotřebí si uvědomit, že velikost jedné výrobní dávky se rovná 25 ks. To je doba, za kterou dojde k výrobě dávky. Jinými slovy je to doba, za kterou zákazník dostane objednané zboží. Velikost dávky 25 ks byla zvolena z důvodu odmašťování, jak již bylo dříve zmíněno, protože tento jednoúčelový stroj pojme dohromady 50 součástí, ze kterých se vyrobí finální výrobek, v počtu 50 kusů.

Mezi zvolenými variantami a původním stavem jde vidět obrovský rozdíl, co se týče výrobních časů, a z tohoto hlediska vidíme mnohonásobnou úsporu u všech navržených variant. Při srovnání jednotlivých variant mě zajímal čas, za který se vyrobí předem definované množství výrobků v každé směně. První a druhá směna má za úkol vyrobít shodně 600 ks součástí a ve třetí směně dochází k výrobě 550 ks.

Z tohoto hlediska je nejefektivnější varianta A se 3 KANBAN okruhy. Celková výroba 1750 ks součástí, se stihne vyrobít za 889,2 minut, což je 14,82 hodin. Čas, který ušetříme při výrobě součástí do chladicího okruhu automobilu, se dá efektivněji využít pro další výrobu zakázek, což může mít pozitivní vliv na navýšení zisku a prosperity firmy.

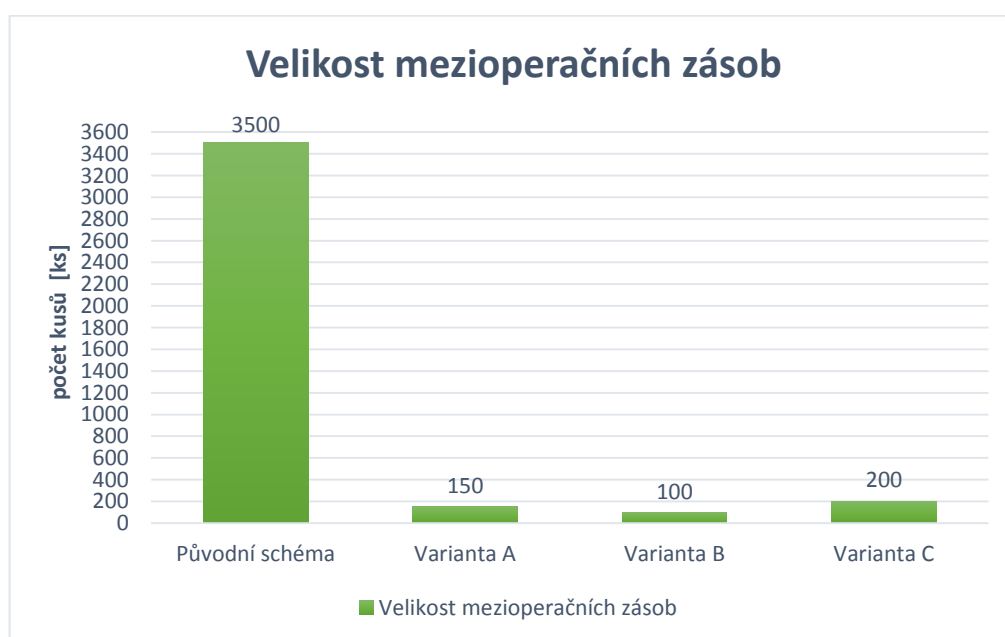
### 5.3 Vyhodnocení mezioperačních zásob

Důvodem vyhodnocení nejvhodnější varianty dle výrobního času je zjištění možné doby, ve které zákazník dostane své zboží. Vyhodnocení nejvhodnější varianty dle objemu mezioperačních zásob je také důležité z důvodu finančních prostředků, které se nám vážou k zásobám. S narůstajícím počtem KANBAN okruhů se právě zvedají mezioperační zásoby. Více okruhů nezvedá jenom finanční náklady, ale také náklady na zařízení mezioperačních skladů, neboli prostory, ve kterých se budou zásoby skladovat. Přehledné údaje jsou uvedeny v tabulce 20.

Tabulka 20: Srovnání mezioperačních zásob

Varianta	Počet KANBAN okruhů	Velikost mez. zásob
Původní stav	0	3500 ks
Varianta A	3	150 ks
Varianta B	2	100 ks
Varianta C	4	200 ks

Velikost meziskladových zásob je stanovena na 50 ks v každém nadefinovaném KANBAN okruhu. Z celkového počtu 50 ks se posléze zkompletuje 25 finálních součástí chladičového okruhu pro automobil. Přehledné srovnání velikosti mezioperačních zásob je možné uvidět v Grafu 2.



Graf 2: Velikost mezioperačních zásob

V grafickém vyjádření jde jednoznačně vidět srovnání velikosti mezioperačních zásob mezi původním stavem a navrženými variantami. Pokud bychom usilovali o co nejmenší zásoby mezi jednotlivými okruhy, které by vedly k určitým úsporám, tak by varianta B s počtem 100 ks mezioperačních zásob byla nejvhodnějším řešením.

## 5.4 Zvolené varianty

Je třeba si uvědomit, že správný výběr nejvhodnější varianty záleží vždy na tom, co je pro nás prioritou, tudíž jsem vybral dvě nejvhodnější varianty, a to z pohledu výrobního času a velikosti mezioperačních zásob.

### 5.4.1 Z hlediska výrobních času

Jak již bylo dříve zmíněno, z hlediska výrobního času je na tom nejlépe varianta A se třemi KANBAN okruhy. Tabulka 21 obsahuje informace o výrobním času v závislosti na objemu výrobní dávky.

Tabulka 21: Zvolená varianta z hlediska výrobního času

Varianta	Objem výrobní dávky	Výrobní čas [m]
Varianta A	Pro 25 ks	82
	Pro 550 ks	283,6
	Pro 600 ks	302,8
	Pro 1750 ks	889,2

Nejpodstatnějším údajem je schopnost vyrobít 25 ks finálního výrobku, což představuje jednu výrobní dávku. V čase 82 minut jsme schopni modifikovat výrobu a dodat produkt zákazníkovi. Dalším podstatným parametrem je zvládnutí 1750 ks součástí v časovém horizontu 889,2 minut. Dochází k velké časové úspoře, kterou můžeme využít pro výrobu jiných součástí, a tím zvýšit konkurenceschopnost podniku.

### 5.4.2 Z hlediska mezioperačních zásob

Při srovnání velikosti mezioperačních zásob bylo zjištěno, že varianta B s dvěma KANBAN okruhy je nejvhodnější volbou. Informace o velikosti mezioperačních zásob v závislosti na počtu KANBAN okruhů jsou obsaženy v tabulce 22. Při srovnání

s původním stavem, kdy mezioperační zásoba činila 3500 ks, ze kterého se zkompletovalo finální množství součástí v počtu 1750 ks, zjistíme, že mezioperační zásoba u varianty B se 100 kusy je obrovskou úsporou.

Tabulka 22: Zvolená varianta z hlediska mezioperačních zásob

<b>Varianta</b>	<b>Počet KANBAN okruhů</b>	<b>Velikost mezioperačních zásob</b>
Varianta B	2	100 ks

Jak již bylo dříve zmíněno, důležité je si uvědomit, že s narůstajícím počtem KANBAN okruhů vzrůstají náklady, které vznikají v důsledku legislativních činností, meziskladových prostor, kde budeme uchovávat mezioperační zásoby, apod.

## Závěr

Ve výrobním podniku, kde dochází k výrobě chladícího okruhu do automobilu bylo podrobně prostudováno schéma stávající výroby, dle kterého se odhalilo úzké místo ve výrobním procesu. Identifikace úzkého místa byla přiřazena výrobní operaci Odmašťování, na kterém probíhá odmašťování 50 ks součástí v časovém rozsahu 260 sekund.

Dalším krokem bylo navržení několika KANBAN okruhů, které byly dále konzultovány ve výrobní společnosti. Po konzultaci byly vybrány tři nejvhodnější varianty, které jsem postupně sestavil v simulačním programu WITNESS. K sestavení původní a navržených variant jsem potřeboval zjistit výrobní časy jednotlivých operací, včetně obslužných časů, které jsem uvedl k příslušným strojům.

Po odhalení úzkého místa a vytvoření modelu navržených variant ve výrobním procesu se stanovila velikost výrobní dávky. Velikost výrobní dávky byla stanovena na 50 ks součástí vzhledem k úzkému místu ve výrobě a tou je již zmíněná operace Odmašťování. Větší počet kusů součástí by nepřinesl žádnou užitnou hodnotu, jelikož by došlo ke kumulování mezioperační zásoby, která by byla v rozporu se zavedením principů štíhlé výroby.

Následujícím krokem bylo samotné spuštění dynamické simulace navržených variant a srovnání s původní stavem ve výrobním podniku. Pomocí simulací jsem si jednoduše mohl poznamenat a zpracovat naměřené výsledky, které v mém případě byly rozhodující pro identifikaci nejefektivnějšího řešení. Výběr nejvhodnější varianty závisí na prioritách ve výrobním podniku.

Nejvhodnější variantou z hlediska výrobního času byla varianta A se třemi KANBAN okruhy, která měla téměř trojnásobné urychlení výroby požadovaného množství součástí 1750 ks v jednom pracovním dni. Výroba této navržené varianty trvala 889,2 minut, oproti původním 2486,3 minutám.

Nejvhodnější variantou z hlediska velikosti mezioperačních zásob byla navržená varianta B s dvěma KANBAN okruhy. Velikost mezioperačních zásob v tomto případě byla stanovena 100 ks oproti původní variantě, kde mezioperační zásoba činila 3500 ks, ze kterých vzešlo 1750 ks finálního produktu.

## Použitá literatura

- [1] VANĚČEK, D. *Logistika*: 2. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1998. ISBN 80-704-0323-3.
- [2] SCHULTE, Christof. *Logistika*. 1. vyd. Přeložil Gustav TOMEK, přeložil Adolf BAUDYŠ. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2.
- [3] HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT. *Řízení zásob: logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. přeprac. vyd. Praha: Profess, 1999. Poradce controllingu. ISBN 80-85235-55-2.
- [4] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-394-4.
- [5] LENORT, Radim. *Průmyslová logistika*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2584-7.
- [6] MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996. ISBN 80-902235-0-8.
- [7] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 2., rozšířené a doplněné vyd. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-955-1.
- [8] Simulace. *Katedra oděvnictví* [online]. 2010, , 1-130 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/PSI/Skripta%20PSI-5.pdf](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/Skripta%20PSI-5.pdf)
- [9] GREGUŠOVÁ, M.; SCHINDLEROVÁ, V.; ŠAJDLEROVÁ, I.; MOHYLA, P.; KEDROŇ, J. Practical Application of Simulation of Business Processes. WASET 2014, World Academy of Science, Engineering and Technology, 27-28.2.2014, Rio de Janeiro, Brazil
- [10] SIMULACE VE WITNESSU. *Katedra Oděvnictví* [online]. 2009, 1(1), 1 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [http://www.kod.tul.cz/ucebni\\_materialy/PSI/Witness/texty/default.htm](http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/Witness/texty/default.htm)

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

### Obrázky

Obrázek 1: Model běžné zásoby [1].....	12
Obrázek 2: Vytvoření pojistné zásoby [1].....	13
Obrázek 3: Výrobní systém Toyota [3].....	19
Obrázek 4: KANBAN karta [3] .....	21
Obrázek 5: Dvoukartový kanban systém [3].....	22
Obrázek 6: Současný stav .....	23
Obrázek 7: První část výroby .....	24
Obrázek 8: Druhá část výroby.....	24
Obrázek 9: Třetí část výroby .....	25
Obrázek 10: Čtvrtá část výroby.....	25
Obrázek 11: Varianta A.....	26
Obrázek 12: Varianta B.....	27
Obrázek 13: Varianta C.....	28
Obrázek 14: Fáze simulačního projektu [5] .....	29
Obrázek 15: Komponenty použité pro simulaci modelu.....	33
Obrázek 16: první část stávajícího modelu .....	33
Obrázek 17: druhá část stávajícího modelu.....	34
Obrázek 18: třetí část stávajícího modelu .....	35
Obrázek 19: čtvrtá. část stávajícího modelu.....	36
Obrázek 20: pátá část stávajícího modelu .....	36
Obrázek 21: Varianta A – 1. okruh .....	38
Obrázek 22: Varianta A – 2. okruh .....	38
Obrázek 23: Varianta B – 1. okruh .....	40
Obrázek 24: Varianta C – 1. okruh .....	42
Obrázek 25: Varianta C – 2. okruh .....	42
Obrázek 26: Varianta C – 3. okruh .....	43

### Tabulky

Tabulka 1: Simulační nástroje.....	30
Tabulka 2: Výrobní časy první části .....	33
Tabulka 3: Výrobní časy druhé části.....	34



Tabulka 4: Výrobní časy třetí části .....	35
Tabulka 5: Výrobní časy čtvrté části .....	36
Tabulka 6: Výrobní čas stávajícího stavu .....	37
Tabulka 7: Výrobní časy jedné dávky - varianty A .....	39
Tabulka 8: Směnové výrobní časy varianty A .....	39
Tabulka 9: Výrobní časy jedné dávky - varianty B.....	41
Tabulka 10: Směnové výrobní časy varianty B .....	41
Tabulka 11: Výrobní časy jedné dávky - varianty C.....	43
Tabulka 12: Směnové výrobní časy varianty C .....	44
Tabulka 13: Srovnání výrobních časů s variantou A .....	45
Tabulka 14: Vyhodnocení výrobních časů s variantou A .....	46
Tabulka 15: Srovnání výrobních časů s variantou B .....	46
Tabulka 16: Vyhodnocení výrobních časů s variantou B .....	47
Tabulka 17: Srovnání výrobních časů s variantou C .....	48
Tabulka 18: Vyhodnocení výrobních časů s variantou C .....	48
Tabulka 19: Vyhodnocení všech variant.....	49
Tabulka 20: Srovnání mezioperačních zásob.....	51
Tabulka 21: Zvolená varianta z hlediska výrobního času .....	52
Tabulka 22: Zvolená varianta z hlediska mezioperačních zásob .....	53

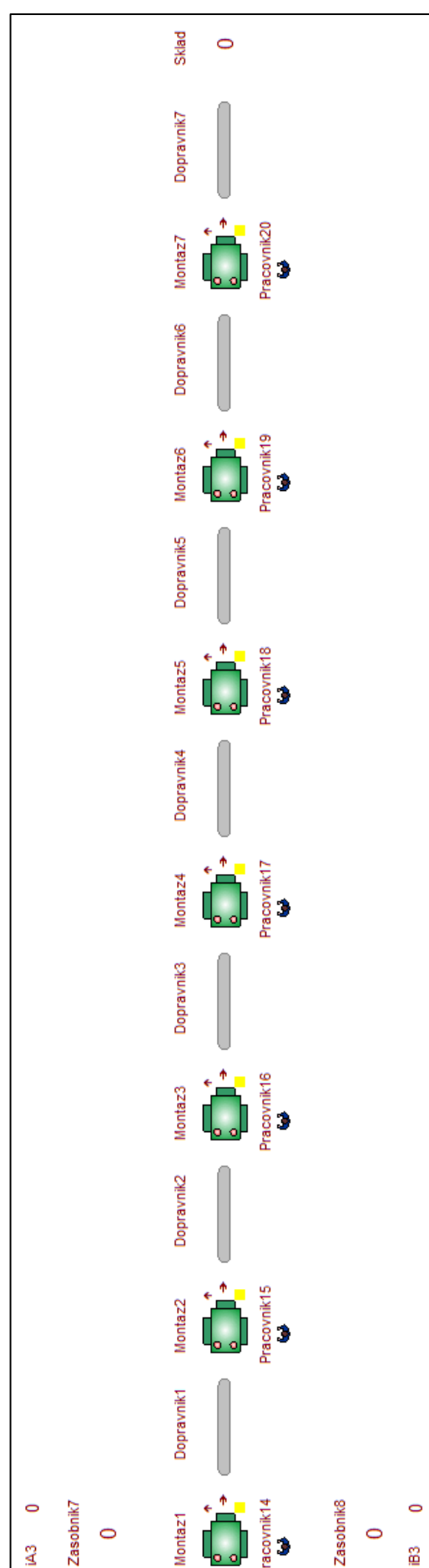
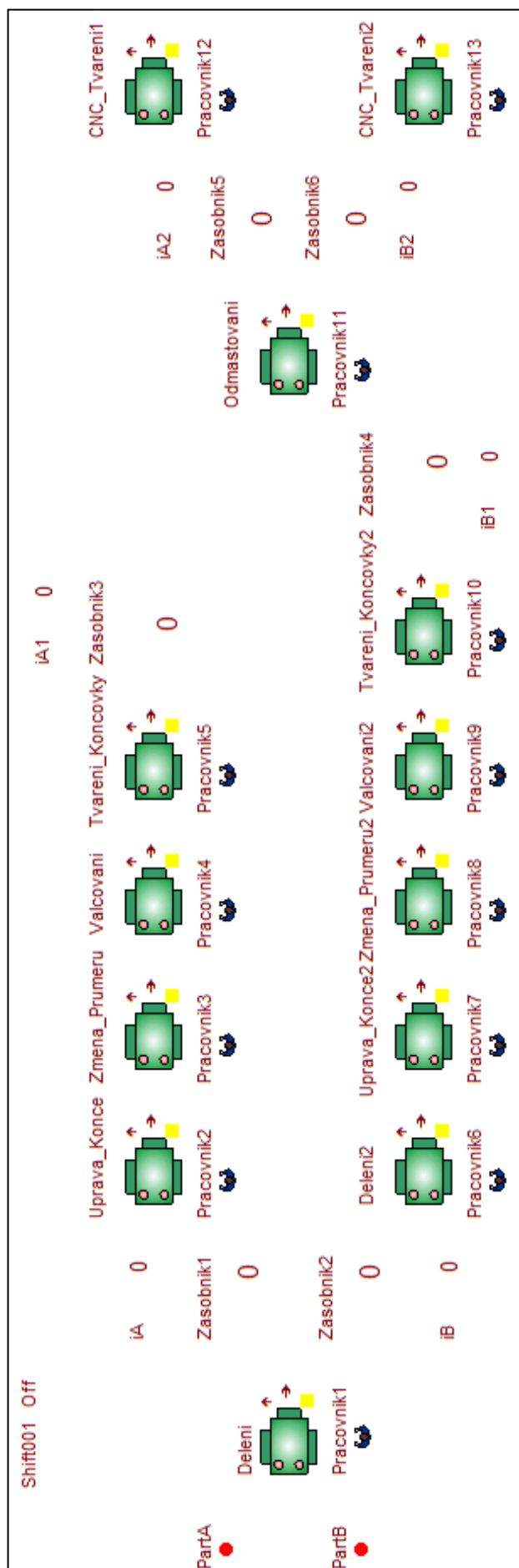
## **Grafy**

Graf 1: Objem výrobní dávky v závislosti na čase.....	50
Graf 2: Velikost mezioperačních zásob .....	51

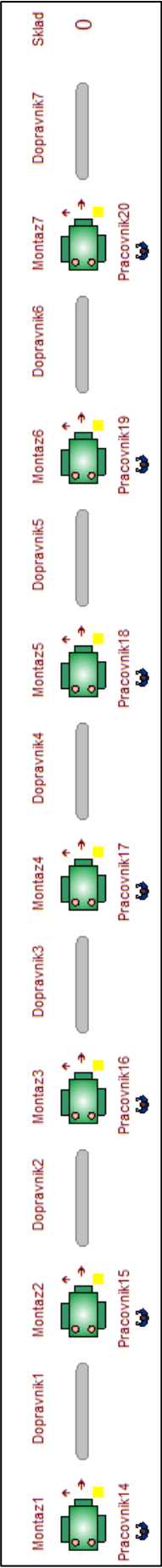
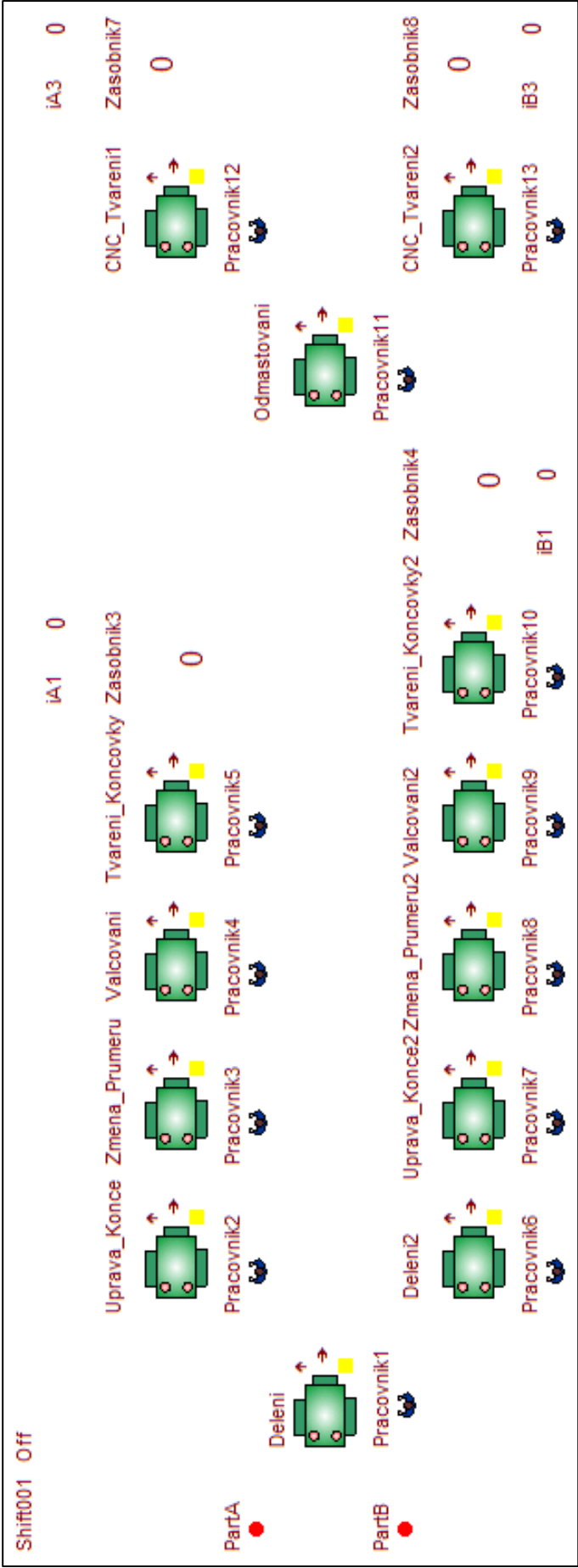
## **Seznam příloh**

Přílohy A	Schéma současného stavu v programu WITNESS
Příloha B	Schéma varianty A v programu WITNESS
Příloha C	Schéma varianty B v programu WITNESS
Příloha D	Schéma varianty C v programu WITNESS

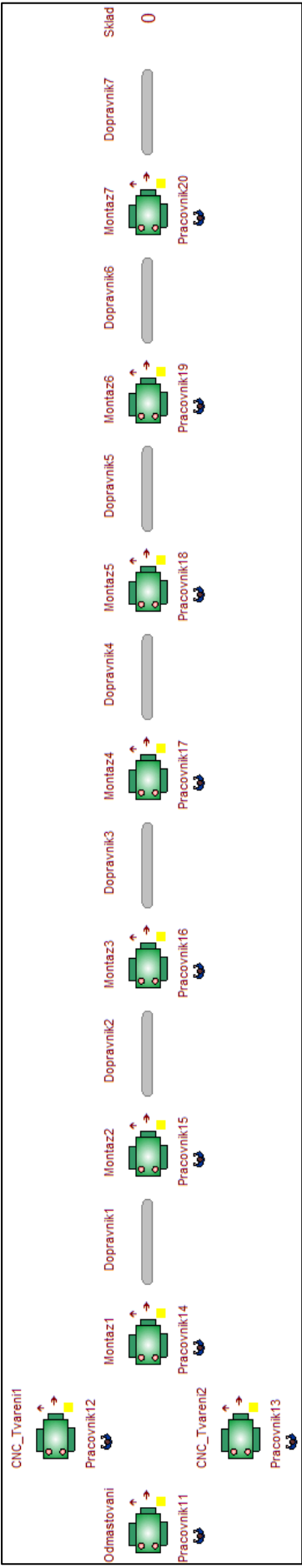
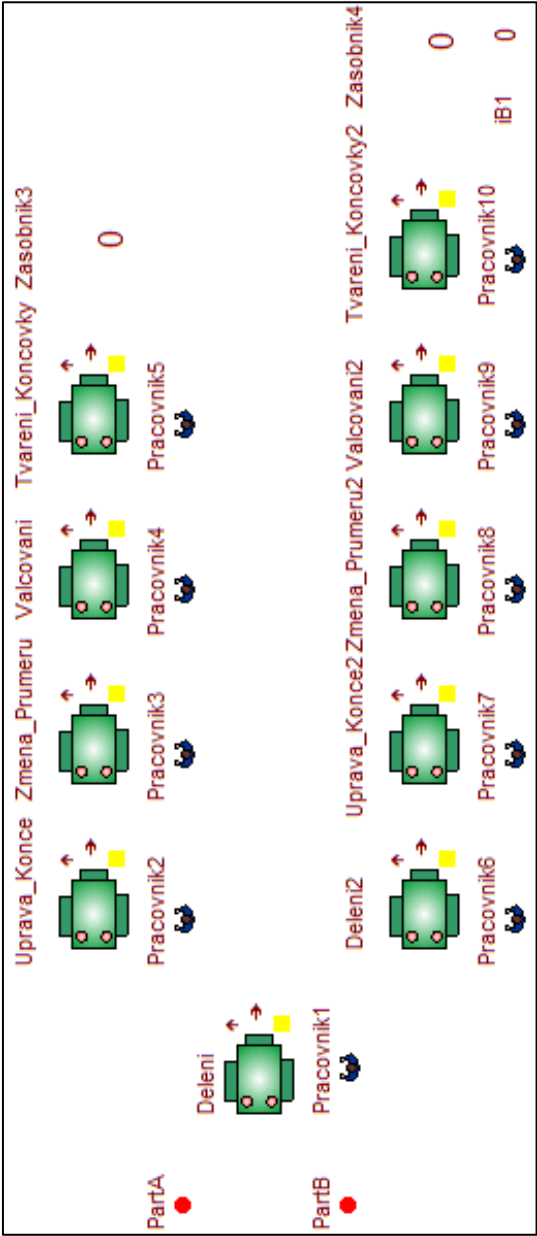
## Příloha A – Schéma současného stavu v programu WITNESS



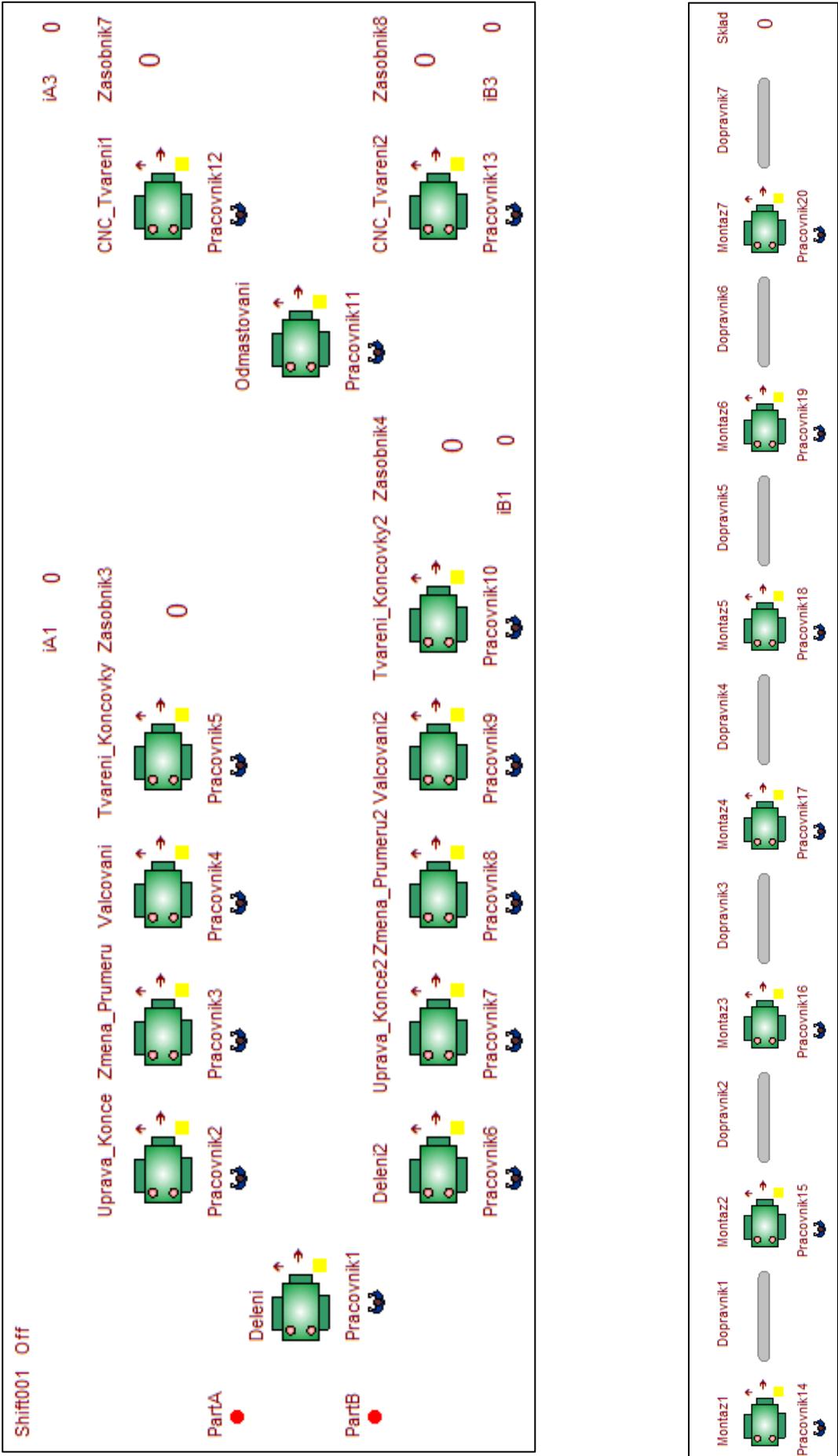
Příloha B – Schéma varianty A v programu WITNESS



Příloha C – Schéma varianty B v programu WITNESS



Příloha D – Schéma varianty C v programu WITNESS



## **Poděkování**

V samotném závěru diplomové práce bych rád poděkovat paní Ing. Vladimíře Schindlerové Ph.D. za vedení, podporu a ochotu při tvorbě této práce. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Jalůvkovi za veškerou pomoc, čas strávený při tvorbě této práce a v neposlední řadě odborné rady, které mě navedly ke správnému řešení dané problematiky.